

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

**PROJETO DE INSTRUMENTAÇÃO DE FINAL DE CURSO DE LICENCIATURA
EM FÍSICA**

EDUARDO OLIVEIRA RIBEIRO DE SOUZA

FÍSICA EM QUADRINHOS: Uma Abordagem de Ensino

**RIO DE JANEIRO
FEV / 2012**

EDUARDO OLIVEIRA RIBEIRO DE SOUZA

FÍSICA EM QUADRINHOS: Uma abordagem de ensino

Monografia apresentada à Universidade Federal do Rio de Janeiro, para a obtenção do título de licenciado em Física.

Orientadora: Dra. Deise Miranda Vianna

**RIO DE JANEIRO
FEV / 2012**

Dedico esse trabalho aos meus pais Hosana e Edson, e a todas as crianças que num futuro muito próximo encontrarão uma Física mais cativante. Em especial: Sophia Alves, Miguel Feliciano, Arthur Viveiros, Pedro Aleixo e Lucas Oliveira.

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus a origem das idéias descritas nesta monografia e de todas as demais idéias, a causa primária de todas as coisas. Aos meus pais Hosana e Edson que são a origem da minha educação primária. A minha família agradeço pelo apoio, em especial minha tia Fátima e minha madrinha Lucinda por terem contribuído financeiramente para este trabalho. Aos meus irmãos: Igor, Fernanda e Geysa pelos momentos de brigas, de diversão, de risos e de castigos.

Quero agradecer também de forma especial, aos meus melhores amigos por me aguentarem nessa trajetória da vida, por estarem sempre ao meu lado e terem contribuído direta e indiretamente nesta conquista. Anna Karla por ter me ajudado quando mais precisei e por ser minha amiga numa época em que isso era impossível; Daniel de Sant'anna por ser meu mais novo/velho melhor amigo e ter me ajudado com a marca "Física em Quadrinhos"; Jonas Conde pelos momentos de diversão conversando ou jogando vídeo game; e Rafael Ramires por ser um amigo do qual eu aprendi a gostar ao longo da vida, e hoje não me imagino sem ter ele como amigo, pelas dicas para pintar as tirinhas e pelas tirinhas que pintou para me ajudar.

Gostaria de agradecer a minha orientadora Deise Miranda Vianna pelos momentos de discussões sobre ensino de Física durante o desenvolvimento desse trabalho e no Programa Institucional de Bolsa de Iniciação à Docência (PIBID). Que num futuro próximo possamos desenvolver novos trabalhos e projetos. Ao professor Paulo Henrique Colonese com carinho, por ser meu primeiro contato com minha profissão, e por estar sempre disponível para me ajudar.

Aos meus amigos que jogam ou jogaram RPG comigo, eles ajudaram na formação do meu caráter. A tirinha "Campo Visual IV" é dedicada a todos vocês: Arnaud Neto, Bruno Siqueira, Daniel Maia, Daniel de Sant'anna, Danilo Silva, David Marques, Diego Pimentel, Isaque Pepé, Jonas Conde, José Nogueira, Lawrence Henrique, Luan Kaique, Natan Henrique, Nicolás Lira, Paulo Bueno, Paulo Parq, Rafael Ramires, Vinicius Ramires e Vitor Ribeiro.

Não posso me esquecer de agradecer os amigos da faculdade: Daniele Santos, Rubem Caetano, Juarez Araújo, Paulo Henrique e Bruno Siqueira. Acredito que nós mudaremos a visão que os outros têm da nossa Física.

“... folheou suas páginas, encontrando um trecho que não conseguia ler – “é todo em alguma língua que não sei”, disse para si mesma.

Era assim:

PARA VÃO
Solunpava, e os lulpícios todos
Em vertigins personabam as verentes;
Tristitunos calavam-se os gailonvos
E os porveridos estitilavam fientes.

Quebrou a cabeça por algum tempo, mas por fim lhe ocorreu uma idéia luminosa. “Ora, este é um livro do Espelho, claro! Se eu o segurar diante de um espelho as palavras vão parecer todas na direção certa de novo.” ... ”

Lewis Carroll, em Alice Através do Espelho e o que Alice encontrou por lá

RESUMO

Este trabalho apresenta as tirinhas produzidas sobre uma proposta de abordagem de ensino de ciências da natureza com enfoque em CTS. As tirinhas exploram o subtema da Física: reflexão em espelhos planos. Esse material pretende levantar questões sobre os fenômenos em situações do cotidiano, e junto a elas são colocadas outras questões e/ou atividades, dentro da proposta de atividades investigativas e argumentação na sala de aula, que estão relacionadas com a situação dentro dos quadrinhos.

O material é dividido em cinco unidades que contemplam os tópicos dentro do assunto Espelhos Planos: (i) reversão da imagem; (ii) posição da imagem; (iii) campo visual; (iv) associação de espelhos e (v) curiosidades sobre espelhos.

Palavras-chave: física em quadrinhos; tirinhas; argumentação; atividades investigativas; CTS; reflexão em espelhos planos;

ABSTRACT

This paper presents the strips produced on a proposed approach for teaching the natural sciences with a focus on CTS. The comics explore the sub theme of physics: reflection at plane mirrors. This material aims to raise questions about the phenomena in everyday situations, and they are put together with other issues and / or activities within the proposed research activities and advocacy in the classroom, which are related to the situation within the comics.

The material is divided into five units which cover topics within the subject mirrors Plans: (i) reversal of the image, (ii) position of the image, (iii) visual field, (iv) combination of mirrors and (v) trivia mirrors.

Keywords: comics physics; strips; argumentation; research activities; CTS; reflection in plane mirror;

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Os componentes do pensamento crítico	24
Figura 2: Padrão de argumento de Toulmin	25
Figura 3: Demonstração da interação entre as expressões faciais e o vocabulário	34
Figura 4: O letramento está apoiando no clima do quadrinho descrevendo os sentimentos e o cenário	36
Figura 5: Marca da tirinha	38
Figura 6: “Inversão” da imagem I	40
Figura 7: “Inversão” da imagem II	41
Figura 8: “Inversão” da imagem III	42
Figura 9: “Inversão” da imagem IV	43
Figura 10: “Inversão” da imagem V	44
Figura 11: Posição da imagem I	46
Figura 12: Posição da imagem II	47
Figura 13: Posição da imagem III	48
Figura 14: Posição da imagem IV	49
Figura 15: Posição da imagem V	50
Figura 16: Campo visual I	51
Figura 17: Campo visual II	52
Figura 18: Campo visual III	53
Figura 19: Campo visual IV	54
Figura 20: Associação de espelhos I	56
Figura 21: Associação de espelhos II	57
Figura 22: Curiosidades sobre espelhos I	58
Figura 23: Curiosidades sobre espelhos II	59
Figura 24: Curiosidades sobre espelhos III	60
Figura 25: Curiosidades sobre espelhos IV	61
Figura 26: Demonstração do Princípio de Fermat	63
Figura 27: Esquema que representa a reflexão de um raio de luz	64
Figura 28: Lanterna iluminando uma parede de uma sala fechada	66
Figura 29: Visualização de um objeto utilizando os raios visuais (a); conceitos científicos (b)	67
Figura 30: Imagem está na superfície do espelho	67
Figura 31: Redução da imagem com o aumento da distância	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Aspectos CTS	15
Tabela 2: Categoria de Ensino CTS	15
Tabela 3: Contraste entre o Laboratório tradicional e as atividades investigativas.....	21
Tabela 4: Níveis de investigação no laboratório de ciências	22

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	11
2 REFERENCIAIS TEÓRICOS	12
2.1 Abordagem de ensino com ênfase em CTS.....	12
2.2 Ensino por investigação como proposta metodológica	18
2.3 Argumentação na sala de aula	23
2.4 Quadrinhos (ou tirinhas) como veículos de ensino	26
3 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL.....	30
3.1 Linguagem dos quadrinhos	30
3.1.1 A narrativa.....	32
3.1.2 A imagem.....	33
3.1.3 O texto	34
3.2 Concepção das tirinhas	36
4 APRESENTAÇÃO DO MATERIAL	39
4.1 Unidade 1: “inversão” da imagem	39
4.1.1 “inversão” da imagem I.....	40
4.1.2 “inversão” da imagem II	41
4.1.3 “inversão” da imagem III	42
4.1.4 “inversão” da imagem IV.....	43
4.1.5 “inversão” da imagem V.....	44
4.2 Unidade 2: posição da imagem	45
4.2.1 Posição da imagem I	46
4.2.2 Posição da imagem II	47
4.2.3 Posição da imagem III	48
4.2.4 Posição da imagem IV	49
4.2.5 Posição da imagem V.....	50
4.3 Unidade 3: Campo visual.....	50
4.3.1 Campo Visual I	51
4.3.2 Campo Visual II	52
4.3.3 Campo Visual III	53
4.3.4 Campo Visual IV	54
4.4 Unidade 4: Associação de Espelhos	55
4.4.1 Associação de Espelhos I.....	56
4.4.2 Associação de Espelhos II.....	57
4.5 Unidade 5: Curiosidade sobre espelhos.....	57
4.5.1 Curiosidade sobre espelhos I	58
4.5.2 Curiosidade sobre espelhos II	59
4.5.3 Curiosidade sobre espelhos III	60
4.5.4 Curiosidade sobre espelhos IV.....	61
4.6 As leis da reflexão e os espelhos no cotidiano.....	61
4.7 Modelo teórico da reflexão	62
4.8 Espelho plano	64
4.9 Concepções espontâneas sobre a reflexão e os espelhos planos	65
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	70
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	71

1 INTRODUÇÃO

A origem das Histórias em Quadrinho, as HQs, é muito controversa. Para Eisner (1999a), as primeiras artes sequenciais (histórias em quadrinhos ou narrativas gráficas) vêm dos homens da caverna, que usavam imagens primitivas como forma de linguagem. Os contadores de história das tribos eram os professores, que preservavam o conhecimento passando de geração para geração. Scott McCloud (2005) completa dizendo que as histórias eram contadas com seqüência de imagens em tapeçarias européias e em manuscritos de parede dos maias e egípcios. Além disso, ele define histórias em quadrinhos como “imagens pictóricas e outras justapostas em seqüência deliberada destinadas a transmitir informações e/ou a produzir uma resposta no espectador” (McCLOUD, 2005).

Neste trabalho são apresentadas tirinhas que levantam questões do cotidiano relacionadas à Física com a abordagem no enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade. No primeiro capítulo são apresentados com detalhes esse enfoque e outros referenciais teóricos que são: o uso de atividades investigativas, a argumentação na sala de aula e o emprego de quadrinhos no ensino de Física. No capítulo seguinte, são apontados os fatores que levaram ao desenvolvimento do projeto de acordo com os embasamentos teóricos apresentados nas obras dos autores Aragão (2002), Eisner (1999a), Eisner (1999b), McCloud (2005), McCloud (2008) e Vergueiro (2004). A relação entre o texto e a imagem é apresentada de forma a entender os objetivos e desejos que motivam o desenvolvimento das tirinhas. O último capítulo apresenta as tirinhas e suas atividades e/ou questões que as acompanham. Além disso, nesse capítulo é apresentada uma relação entre o tema da Física escolhido, Reflexão em Espelhos Planos, com os referenciais teóricos e as concepções alternativas segundo os estudos de Almeida (2007).

2 REFERENCIAIS TEÓRICOS

2.1 – Abordagem de ensino com ênfase em CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade)

O enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS – está nos currículos de ensino de ciência desde os anos sessenta, e tem como conceitos principais: mostrar a ciência como uma atividade da humanidade, formar um aluno capaz de tomar decisões inteligentes e conscientes (SANTOS e MORTIMER, 2002). Essa finalidade indica que a educação básica deve preparar o aluno para enfrentar o mundo em que vive, tornando-o um cidadão consciente e atuante. O aluno está imerso num mundo dominado pela ciência e a tecnologia, por isso, é justo que ele entenda as modificações causadas na sociedade. De acordo com a Lei das Diretrizes Básicas – LDB:

TÍTULO I

Da Educação

Art. 1º. A educação abrange os processos formativos que se desenvolvem na vida familiar, na convivência humana, no trabalho, nas instituições de ensino e pesquisa, nos movimentos sociais e organizações da sociedade civil e nas manifestações culturais.

§ 1º. Esta Lei disciplina a educação escolar, que se desenvolve, predominantemente, por meio do ensino, em instituições próprias.

§ 2º. A educação escolar deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social (BRASIL, 1996).

Robert (1991) apud Santos e Mortimer (2002) atribui ao currículo com enfoque em CTS, as redes que tratam das relações entre as explicações científicas, planejamento tecnológico e solução de problemas, e tomada de decisão sobre os temas práticos de importância social. De acordo com o que observamos nos PCN+ (BRASIL, 2002):

(...) A Física deve apresentar-se, portanto, como um conjunto de competências específicas que permitam perceber e lidar com os fenômenos naturais e tecnológicos, presentes tanto no cotidiano mais imediato quanto na compreensão do universo distante, a partir de princípios, leis e modelos por ela construídos. Isso implica, também, na introdução à linguagem própria da Física, que faz uso de conceitos e terminologia bem definidos, além de suas formas de expressão, que envolvem, muitas vezes, tabelas, gráficos ou relações matemáticas. Ao mesmo tempo, a Física deve vir a ser reconhecida como um processo cuja construção ocorreu ao longo da história da humanidade, impregnado de contribuições culturais, econômicas e sociais, que vem resultando no

desenvolvimento de diferentes tecnologias e, por sua vez, por elas impulsionado (BRASIL, 2002, p. 59).

Analisando isso, podemos perceber o quão favorável é o uso de competências que abordem a ciência e sua relação com a sociedade e a tecnologia que nela foi aplicada. A ciência deixa de ser ensinada pura e simplesmente para informar sua existência, e passa a ser uma ferramenta que o aluno poderá usar para compreender o mundo, e modificá-lo. O foco do “ensinar Física” passa a ser centrado em “para que ensinar Física”, e deixando de ser, como referencia principal, “o que ensinar de Física”. Segundo o que observamos nos PCN+ (BRASIL, 2002):

(...) Quando “o quê ensinar” é definido pela lógica da Física, corre-se o risco de apresentar algo abstrato e distante da realidade, quase sempre supondo implicitamente que se esteja preparando o jovem para uma etapa posterior: assim, a cinemática, por exemplo, é indispensável para a compreensão da dinâmica, da mesma forma que a eletrostática o é para o eletromagnetismo. Ao contrário, quando se toma como referência o “para que” ensinar Física, supõe-se que se esteja preparando o jovem para ser capaz de lidar com situações reais, crises de energia, problemas ambientais, manuais de aparelhos, concepções de universo, exames médicos, notícias de jornal, e assim por diante (BRASIL, 2002, p. 61).

Cappechi (2004) afirma que é papel do professor mediar a cultura científica e a cultura do cotidiano na sala de aula. Considerando assim, a aprendizagem de Ciências é uma espécie de enculturação (MORTIMER, 2000 apud CAPPECHI, 2004), fazendo o aluno vivenciar uma nova forma de observar, analisar e representar os fenômenos da natureza, a cultura científica de uma forma de mais fácil compreensão das vantagens e as limitações dessa área de conhecimento.

Além disso, Cappechi (2004) chama a atenção que aprender Ciências envolve aprender também a expressar-se em uma nova linguagem social, e que é um importante espaço para discussão entre os alunos e entre o professor e o aluno na sala de aula, tendo o importante papel de proporcionar tanto a identificação das idéias dos alunos a respeito dos fenômenos a serem estudados é uma oportunidade para que estes ensaiem o emprego da linguagem científica escolar tão necessária. Isto ajuda o aluno a desenvolver os conhecimentos e habilidades, para que sua intervenção na sociedade seja positiva, tornando-o um cidadão alfabetizado científica e tecnologicamente.

Chassot (2000) chama a atenção ao se referir à alfabetização científica, que quando é usado o termo analfabeto, estamos dizendo, quase exclusivamente, que é aquele que não sabe ler e nem escrever na sua língua. Por isso, retomando a idéia de que aprender Ciência exige aprender uma nova forma de expressão, ou linguagem, devemos alfabetizar os alunos nesta nova linguagem. Reforçando isso, Chassot (2000) diz:

(...) considero a Ciência como uma linguagem para facilitar nossa leitura do mundo (CHASSOT, 1993a, p. 37 apud CHASSOT, 2000, p. 33).

(...) seria desejável que os alfabetizados cientificamente não apenas tivessem facilitada a leitura do mundo em que vivem, mas entendessem as necessidades de transformá-lo, e transformá-lo para melhor (CHASSOT, 2000, p. 34).

A idéia de ensino com enfoque em CTS permite extrair as aplicações da Ciência dentro da sociedade e melhorar nossas vidas com o domínio da Ciência e da Tecnologia.

Para tomar decisões, o cidadão precisa ter informações e a capacidade crítica de analisá-las para buscar alternativas para a decisão, avaliando os custos e benefícios. A resolução de um problema que se insere na vida do cidadão é diferente das soluções dos problemas acadêmicos, geralmente, colocados na escola. Para a solução de um problema escolar, tem-se uma definição completa do problema, cujo resultado já é esperado e cuja solução é tomada sob o foco disciplinar, usando-se muitas vezes algoritmos, e uma conseqüente avaliação como certo ou errado. Já a tomada de decisão de problemas concretos do cidadão é feita a partir de uma questão não exatamente definida, cujo resultado é previsto com alternativas múltiplas e cuja solução é tomada sob o foco multidisciplinar, por meio de discussões, sendo avaliada pela análise de custos/benefícios. Ou seja, enquanto o problema escolar tem caráter bastante objetivo, a tomada de decisão tem caráter muito subjetivo (SANTOS & SCHNETZLER, 1998, p. 263 apud CHASSOT, 2000, p. 45).

As múltiplas formas de abordar Ciência e sua relação com a Sociedade e a Tecnologia são representadas na Tabela 1.

Tabela 1 – Aspectos CTS

Aspectos de CTS	Esclarecimentos
1. Efeito da Ciência sobre a Tecnologia	A produção de novos conhecimentos tem estimulado mudanças tecnológicas.
2. Efeito da Tecnologia	A tecnologia disponível a um grupo humano

sobre a Sociedade	influencia sobremaneira o estilo de vida desse grupo.
3. Efeito da Sociedade sobre a Ciência	Por meio de investimentos e outras pressões, a sociedade influencia a direção da pesquisa científica.
4. Efeito da Ciência sobre a Sociedade	O desenvolvimento de teorias científicas pode influenciar a maneira como as pessoas pensam sobre si próprias e sobre problemas e soluções.
5. Efeito da Sociedade sobre a Tecnologia	Pressões públicas e privadas podem influenciar a direção em que os problemas são resolvidos e, em consequência, promover mudanças tecnológicas.
6. Efeito da Tecnologia sobre a Ciência	A disponibilidade dos recursos tecnológicos limitará ou ampliará os progressos científicos.

Fonte: McKAVANAGH e MAHER, 1982. p.72. apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 12.

Com o objetivo de ilustrar, como categorias, os conteúdos de CTS e como eles são integrados nos conteúdos tradicionais de ciências, Aikenhead, [(1994a.p. 55-56) apud Santos e Mortimer (2002)] definiu oito categorias para os diferentes currículos de CTS e comparou essas categorias com os currículos tradicionais. Isso é apresentado na Tabela 2:

Tabela 2 – Categoria de Ensino CTS

Categoria	Descrição
1. Conteúdo de CTS como elemento de motivação.	Ensino tradicional de ciências acrescido da menção ao conteúdo de CTS com a função de tornar as aulas mais interessantes.
2. Incorporação eventual do conteúdo de CTS ao conteúdo programático.	Estudo tradicional de ciências acrescido de pequenos estudos de conteúdo CTS incorporados como apêndices aos tópicos de ciências O conteúdo de CTS não é resultado do uso de temas unificadores.
3. Incorporação sistemática do conteúdo CTS ao conteúdo programático.	Ensino tradicional de ciências acrescido de uma série de pequenos estudos de conteúdo de CTS integrados aos tópicos de ciências, com a função de explorar sistematicamente o conteúdo de CTS.

Esses conteúdos formam temas unificadores.	
4. Disciplina Científica (Química, Física e Biologia) por meio de conteúdo de CTS.	Os temas CTS são organizados para organizar os conteúdos de ciências e sua seqüência, mas a seleção do conteúdo científico ainda é feita a partir de uma disciplina. As listas dos tópicos científicos puros é muito semelhante àquela da categoria 3, embora a seqüência possa ser bem diferente.
5. Ciências por meio do conteúdo de CTS.	CTS organiza o conteúdo e sua seqüência. O conteúdo de ciências é multidisciplinar, sendo ditado pelo conteúdo de CTS. A lista de tópicos científicos puros assemelha-se à listagem de tópicos importantes a partir de uma variedade de cursos de ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
6. Ciências com conteúdo de CTS.	O conteúdo CTS é o foco do ensino. O conteúdo relevante de ciências enriquece a aprendizagem.
7. Incorporação das ciências ao conteúdo de CTS.	O conteúdo CTS é o foco do currículo. O conteúdo relevante de ciências é mencionado, mas não é ensinado sistematicamente. Pode ser dada ênfase aos princípios gerais da ciência.
8. Conteúdo de CTS.	Estudo de uma questão tecnológica ou social importante. O conteúdo de ciências é mencionado somente para indicar uma vinculação com as ciências.

Fonte: AIKENHEAD, 1994a.p. 55-56 apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 16.

Aikenhead (1994a) apud Santos e Mortimer (2002) atenta que, ainda que nenhuma das categorias represente o modelo “real” ou “ideal” de CTS, as categorias 3 e 6 são as mais presentes na literatura. E a categoria 1 nem poderia ser considerada como CTS, pelo baixo conteúdo abordado. E que a oitava categoria representa um curso mais radical no enfoque em CTS, por que os assuntos de Ciências propriamente ditos praticamente não seriam abordados. Além disso, ele

mostra que, na quarta categoria, a ênfase no ensino conceitual de Ciências seria maior e, a partir da categoria 5, a ênfase se transforma em uma compreensão das interrelações de CTS.

Finalizando, ele propõe que os currículos nas categorias 6 e 7 seriam propostos dentro da atual reforma do ensino médio, na busca da interdisciplinaridade nas muitas áreas das Ciências da natureza e suas tecnologias. E lembra que, tais proposições demandariam projetos audaciosos a serem desenvolvidos com a participação de professores, o que não poderia ser feito de maneira aleatória.

Lembrando Vygotski (1996) que dizia sobre a formação de conceitos:

O método também entra em linha de conta com o fato de um conceito não ser uma formação isolada, ossificada, imutável, mas parte ativa de um processo intelectual, constantemente mobilizada ao serviço da comunicação, do conhecimento e da resolução de problemas. O novo método centra a investigação sobre as condições funcionais da gênese dos conceitos (VYGOTSKI, 1996, p. 46).

Reforçando isso, Hart e Robottom(1996) apud Santos e Mortimer (2002) apontam um caminho que poderia ser seguido:

O processo da reforma na educação em ciências deverá ser elaborado de modo a criar condições para que os próprios praticantes reflitam criticamente, deliberem de maneira colaborativa e se engajem em pesquisa participante sobre os potenciais e os limites das propostas de reforma CTS para a educação em ciências. Assim como os alunos devem ser envolvidos na tomada de decisões sociais relacionadas à ciência e à tecnologia, também os professores devem ser envolvidos na tomada de decisões sobre a educação em ciências (HART e ROBOTTOM, 1990 p. 585 apud SANTOS e MORTIMER, 2002, p. 18).

É visível que para existir um currículo com esse foco é preciso uma formação complementar para os educadores. Além disso, é notório que esse novo conceito é válido quando o objetivo principal do enfoque CTS é traçado, ou seja, formar um aluno com conhecimentos que o tornem capaz de tomar decisões importantes no âmbito da Ciência e Tecnologia e de entender a necessidade de transformar o mundo para melhor.

2.2 – Ensino por investigação como proposta metodológica:

Com objetivo de formar alunos críticos e atuantes na sociedade, pareceu mais adequado como proposta metodológica, o ensino de Ciências por investigação com as chamadas questões abertas ou problemas abertos. Para Azevedo (2004), em um curso de Física, torna-se de fundamental importância apresentar aos alunos problemas para serem resolvidos, pois essa é a realidade dos trabalhos científicos em todo o mundo.

Como Gil et al. (1990) apud Azevedo (2004) mostram:

Pode-se pensar, pois, em abraçar as práticas de laboratório e a resolução de problemas de lápis e papel como variantes de uma mesma atividade: o tratamento de situações problemáticas abertas, com uma orientação próxima do que constitui o trabalho científico. De fato, o teste de uma hipótese, em uma investigação real, pode e deve fazer-se tanto experimentalmente como mostrando a coerência de suas implicações com o corpo de conhecimento aceito pela comunidade científica (GIL et al., 1990 apud AZEVEDO, 2004, p. 20).

Isso mostra o quão próxima essa proposta metodológica está do enfoque em CTS. “É preciso que sejam realizadas diferentes atividades, que devem estar acompanhadas de situações problematizadoras, questionadoras de diálogo, envolvendo a resolução de problemas e levando à introdução de conceitos para que os alunos possam construir seu conhecimento” (CARVALHO ET AL., 1995 apud AZEVEDO, 2004). Conforme Moreira (1983) apud Azevedo (2004), a resolução de problemas que leva a uma investigação deve estar fundamentada na ação do aluno. Os alunos devem ter oportunidade de agir e o ensino deve ser acompanhado de ações e demonstrações que o levem a um trabalho prático.

Para que aconteça uma atividade investigativa, o aluno deve estar agindo, discutindo, refletindo e relatando, e não simplesmente se resumir a manipulação ou observação do fato. Para Borges (2002), “A idéia central é: qualquer que seja o método de ensino-aprendizagem escolhido, deve mobilizar a atividade do aprendiz, em lugar de sua passividade.” (p. 294)

Para Azevedo (2004):

Essa investigação, porém, deve ser fundamentada, ou seja, é importante que uma atividade de investigação faça sentido para o aluno, de modo que ele saiba o porquê de estar investigando o fenômeno que a ele é apresentado. Para isso, é fundamental nesse tipo de atividade que o professor apresente um problema sobre o que está sendo estudado. A colocação de uma questão ou problema aberto como ponto de partida é ainda um aspecto fundamental para a criação de um novo conhecimento (AZEVEDO, 2004, p. 21).

Para Lewin e Lomascólo (1998) apud Azevedo (2004):

A situação de formular hipóteses, preparar experiências, realizá-las, recolher dados, analisar resultados, quer dizer, encarar trabalhos de laboratório como 'projetos de investigação', favorece fortemente a motivação dos estudantes, fazendo-os adquirir atitudes tais como curiosidade, desejo de experimentar, acostumar-se a duvidar de certas afirmações, a confrontar resultados, a obterem profundas mudanças conceituais, metodológicas e atitudinais. (LEWIN e LOMASCÓLO, 1998 apud AZEVEDO, 2004, p. 21)

Para isso, o professor deve sair da posição de transmissão do conhecimento para uma postura de mediador e guia, e a questão passa a ser o ponto de partida para construção do conhecimento científico. Carvalho (1992) apud Azevedo (2004) define o conflito cognitivo como uma estratégia segundo a qual o aluno aprende se suas concepções espontâneas são colocadas em confronto com os fenômenos ou com resultados experimentais.

Gil e Castro (1996) apud Azevedo (2004) descrevem alguns aspectos da atividade científica que podem ser explorados numa atividade investigativa, pois ressaltam a importância dessas atividades. Dentre eles são apresentados resumidamente:

1. Apresentar situações problemáticas abertas;
2. Favorecer a reflexão dos estudantes sobre a relevância e o possível interesse das situações propostas;
3. Potencializar análises qualitativas significativas, que ajudem a compreender e acatar as situações planejadas e a formular perguntas operativas sobre o que se busca;

4. Considerar a elaboração de hipóteses como atividade central da investigação científica, sendo esse processo capaz de orientar o tratamento das situações e de fazer explícitas as pré-concepções dos estudantes;
5. Considerar as análises, com atenção nos resultados (sua interpretação física, confiabilidade etc.), de acordo com os conhecimentos disponíveis, das hipóteses manejadas e dos resultados das demais equipes de estudantes;
6. Conceder uma importância especial às memórias científicas que reflitam o trabalho realizado e possam ressaltar o papel da comunicação e do debate na atividade científica;
7. Ressaltar a dimensão coletiva do trabalho científico, por meio de grupos de trabalho, que interajam entre si.

“Para se alcançar este objetivo recomenda-se que a atividade concentre-se apenas nos aspectos desejados, com um planejamento cuidadoso que considere as idéias prévias dos estudantes a respeito da situação estudada, o tempo necessário para completar a atividade, as habilidades requeridas e aspectos ligados à segurança” (HODSON, 1988 apud BORGES, 2002, p. 301).

Por isso, é muito importante discutir com os educandos a situação ou o fenômeno que será tratado. Para que o professor consiga saber o que ele está pensando, e o que ele acha sobre um determinado assunto, “uma vez que os estudantes não são desafiados a explorar, desenvolver e avaliar as suas próprias idéias, e os currículos de ciências não oferecem oportunidades para a abordagem de questões acerca da natureza e propósitos da ciência e da investigação científica” (CAREY ET AL, 1989 apud BORGES, 2002, p.301). É exatamente, onde se pretende chegar com essa proposta metodológica. Já que o objetivo é formar alunos capazes de dar sua opinião e pensar num problema do seu dia a dia, e da sua sociedade.

“O argumento utilizado é que elas (as atividades) são processos cognitivos gerais que as pessoas empregam desde muito cedo, e que associá-las com os


processos da ciência é o mesmo que insistir em uma concepção ultrapassada da atividade científica” (BORGES, 2002, p. 302).

Isso, novamente, mostra o quão é importante para o processo de aprendizagem, que o aluno deixe o papel de observador das aulas, e atue nesse processo, que ele pense, aja, interfira, questione e faça parte da construção do conhecimento; “(...) ficando o professor com a função de acompanhar as discussões, provocar, propondo novas questões e ajudar os alunos a manterem a coerência de suas idéias” (DUSCHL, 1998 apud AZEVEDO, 2004). Carvalho et al. (1998) apud Azevedo (2004) descrevem a influência do professor num escrito em que o aluno faz parte da construção de seu conhecimento da seguinte maneira:

É o professor que propõe problemas a serem resolvidos, que irão gerar idéias que, sendo discutidas, permitirão a ampliação dos conhecimentos prévios; promove oportunidades para a reflexão, indo além das atividades puramente práticas; estabelece métodos de trabalho colaborativo e um ambiente na sala de aula em que todas as idéias são respeitadas. (CARVALHO ET AL., 1998 apud AZEVEDO, 2004, p. 25)

Esse novo processo exige uma nova postura do professor e do aluno. A tabela 3 ilustra o contraste entre o laboratório tradicional e as atividades investigativas, e apresenta três aspectos: o grau de abertura, o objetivo da atividade e a atitude do estudante em relação à atividade.

Tabela 3 – Contraste entre o Laboratório Tradicional e as Atividades Investigativas

Aspectos	Laboratório Tradicional	Atividades Investigativas
Quanto ao grau de abertura	Roteiro pré-definido	Variado grau de abertura
		
	Restrito grau de abertura	Liberdade total no planejamento
Objetivo da	Comprovar leis	Explorar fenômenos
Atitude do estudante	Compromisso com o resultado	Responsabilidades na investigação

Fonte: BORGES, 2002 p, 304.

Tamir (1991) apud Borges (2002) descreve outra forma de distinguir essas diferenças entre os problemas abertos e fechados, que é ilustrado na tabela 4. Borges (2002) descreve que nessa tabela, no nível 0, o qual corresponde

aproximadamente ao extremo de problema fechado, são dados o problema, os procedimentos e aquilo que se deseja observar/verificar, ficando a cargo dos estudantes coletar dados e confirmar ou não as conclusões.

No nível 1, o problema e os procedimentos são definidos pelo professor, através de um roteiro, por exemplo. Ao estudante cabe coletar os dados indicados e obter as conclusões. No nível 2, apenas a situação-problema é dada, ficando para o estudante decidir como e que dados coletar, fazer as medições requeridas e obter conclusões a partir deles. Finalmente, no nível 3 o nível mais aberto de investigação o estudante deve fazer tudo, desde a formulação do problema até chegar às conclusões.

Tabela 4 – Níveis de Investigação no Laboratório de Ciências

Níveis de Investigação	Problemas	Procedimentos	Conclusões
0	Dados	Dados	Dados
1	Dados	Dados	Em Aberto
2	Dados	Em Aberto	Em Aberto
3	Em Aberto	Em Aberto	Em Aberto

Fonte: BORGES, 2002. p. 306.

Azevedo (2004) descreve as atividades investigativas que podem ser encaradas, na sala de aula, como problemas a serem resolvidos. Ele separa em: (i) demonstrações investigativas: quando elas partem da apresentação de uma teoria ou de uma demonstração a ser estudado e levam à investigação a respeito de um fenômeno; (ii) laboratório aberto: diferente do laboratório tradicional, esse laboratório utiliza o conceito das atividades investigativas para solução de uma questão que é respondida por uma experiência; (iii) questões abertas: que são aquelas em que se procura responder fatos relacionados ao seu dia a dia, e cuja explicação estivesse ligada ao conceito discutido e trabalhado em aulas anteriores; (iv) problemas abertos: são situações gerais apresentadas aos grupos ou à classe, nas quais se discute desde as condições de contorno até as possíveis soluções para a situação apresentada, acompanhada de uma matematização.

Azevedo (2004) comenta que o professor deve conhecer bem o assunto que será discutido na sala de aula para propor questões que façam o educando pensar e agir no problema. É necessário que esses aspectos sejam bem trabalhados pelo professor para que os objetivos sejam alcançados.

2.3 – Argumentação na sala de aula:

Ao estudar a argumentação nas aulas de Ciências, os pesquisadores estão interessados em analisar as afirmações dos alunos dentro de discussões, num processo de construção de explicações de um determinado fenômeno. Sasseron e Carvalho (2011) definem argumentação como “todo e qualquer discurso em que aluno e professor apresentam suas opiniões em aula, descrevendo idéias, apresentando hipóteses e evidências, justificando ações ou conclusões a que tenham chegado, explicando resultados alcançados” (p. 100).

Já Jiménez Aleixandre (2010) define como sendo a capacidade de avaliar os enunciados com base em provas (p. 14, minha tradução). Segundo Kuhn (1993) apud Capecchi e Carvalho (2000), a argumentação pode ser empregada também, como uma forma de integrar os pensamentos científicos e do dia a dia. Encontramos ainda nos PCN's (BRASIL, 2002) como competência da Física:

Compreender e emitir juízos próprios sobre notícias com temas relativos à ciência e tecnologia, veiculadas pelas diferentes mídias, de forma analítica e crítica, posicionando-se com argumentação clara. Por exemplo, enviar um e-mail contra-argumentando uma notícia sobre as vantagens da expansão da geração termoeletrônica brasileira.

Argumentar claramente sobre seus pontos de vista, apresentando razões e justificativas claras e consistentes, como, por exemplo, ao escrever uma carta solicitando ressarcimento dos gastos efetuados nos consertos de eletrodomésticos que se danificaram em consequência da interrupção do fornecimento de energia elétrica, apresentando justificativas consistentes. (BRASIL, 2002, p.64)

Jiménez Aleixandre (2010) apresenta, com base em outros autores, como componentes do pensamento crítico, a alienação ou a tendência a agir de determinada maneira, por exemplo, procurar razões ou evidências de suas crenças, ou mostrar uma mente aberta. Em sua opinião, a noção de pensamento crítico leva em consideração alguns componentes, como mostra a figura 1.1.

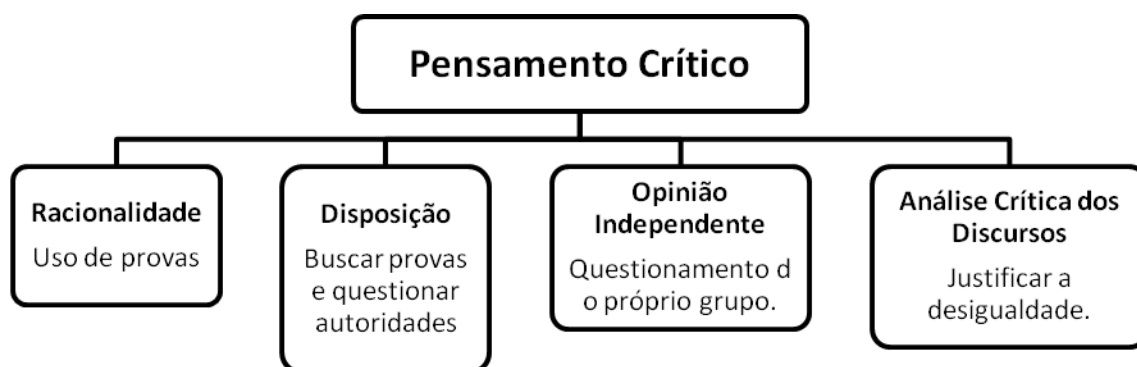


Figura 1 – Os componentes do pensamento crítico

Fonte: JIMÉNEZ-ALEIXANDRE (2010, p. 41).

Como a autora apresenta (Figura 1), o pensamento crítico inclui componentes como o uso de provas, o julgamento com base em critérios ou a mera vontade de questionar a autoridade, ou seja, o ceticismo em opiniões infundadas, que fazem parte do argumento. Essas características são muito relevantes para a formação de um aluno-cidadão, que é o objetivo desse estudo.

Os estudos sobre a argumentação na sala de aula dizem que o discurso ajuda a desenvolver a prática social. Capecchi e Carvalho (2000) esclarecem que dentro desse processo de construção do conhecimento científico, os alunos entram em contato com o reconhecimento entre afirmações contraditórias, identificação de evidências e confronto de evidência com teorias.

Segundo Duschl e Ellenbogen (1999) apud Capecchi e Carvalho (2000), a argumentação é reconhecida, geralmente, sob três formas: analítica, dialética e retórica, onde as duas primeiras são baseadas na apresentação de evidências, e a última tem como base a utilização de técnicas discursivas para a persuasão de uma platéia a partir do conhecimento apresentado. É importante lembrar a importância da condução do professor nessa discussão para que os diálogos não tomem outro patamar. Capecchi e Carvalho (2000) reafirmam isso dizendo que “É necessário que as discussões sejam conduzidas sem a perda do rumo estabelecido, não basta

deixar que os alunos falem livremente, é preciso encontrar um equilíbrio entre a livre apresentação de idéias e a atenção às questões já discutidas.” (p. 3)

Toulmin (1958) apud Capecchi (2004) estabelece uma estrutura para a argumentação para fins de perceber de que modo sua validade ou invalidade está relacionada dentro do argumento. O padrão de Toulmin mostra a estrutura e a relação entre os elementos da argumentação, apresentado na Figura 2. O autor parte do conceito de que uma afirmação é feita para defender uma alegação, apoiada em dados (D), que é um dos elementos para a construção da conclusão (C). Além disso, existem outros elementos que atuam como informações adicionais que ajudam a relacionar D e C. Essas informações adicionais definidas como as justificativas (J) demonstram os processos que levaram os dados até as conclusões.

Toulmin se preocupa ainda com os casos em que os dados, as justificativas e as conclusões não são suficientes para determinar o argumento aceito. Nesses casos, são acrescentados os qualificadores modais (Q), que são as especificações das condições necessárias para que a justificativa seja válida. Ou quando a justificativa não é válida, a refutação (R). Esses elementos dão os limites de atuação de uma determinada justificativa, complementando a ligação entre os dados e as conclusões. O autor apresenta como último elemento, os conhecimentos básicos (B), que são as manifestações das justificativas baseadas em alguma autoridade, uma lei jurídica ou científica, é o que fundamenta a justificativa.

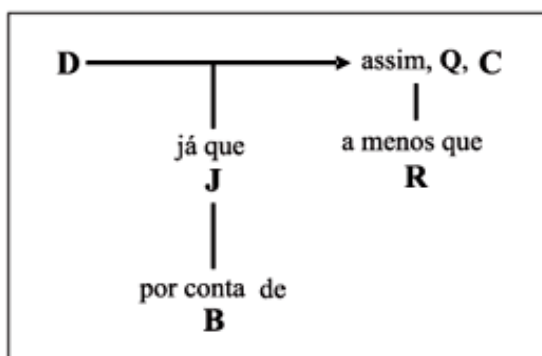


Figura 2 – Padrão de argumento de Toulmin

Fonte: CAPECCHI, 2004, p. 62.

A Figura 2 nos mostra uma ferramenta muito importante para a compreensão da argumentação no pensamento científico e crítico. Logo, proporcionando a formação de um aluno mais crítico e atuante na sociedade.

2.4 – Quadrinhos (ou tirinhas) como veículos de ensino:

O emprego das tirinhas e das HQs, no ensino, sofria muito preconceito por parte dos pais e dos educadores. De acordo com Cirne (2000) apud Caruso e Silveira (2009):

Apesar disso, no início do século XXI o vemos afirmar que “o preconceito artístico e cultural contra as HQ ainda é inegável. No fundo, trata-se de um preconceito mesquinho, para dizer o mínimo, a partir, na maioria das vezes, da mais simples e elementar desinformação” (CIRNE, 2000, p.17 apud CARUSO E SILVEIRA, 2009, p. 218)

Felizmente, esse preconceito tem diminuído, já que os educadores enxergaram nelas a capacidade de atrair os jovens. O código de ética dos quadrinhos também ajudou nisso, podemos destacar alguns itens desse código com motivadores do uso das HQs na educação:

- 1 – As histórias em quadrinhos devem ser um instrumento de educação, formação moral, propaganda dos bons sentimentos e exaltação das virtudes sociais e individuais.
- 2 – Não devendo sobrecarregar a mente das crianças como se fosse um prolongamento do currículo escolar, elas devem, ao contrário, contribuir para a higiene mental e o divertimento dos leitores juvenis e infantis.
- 3 – É necessário o maior cuidado para evitar que as histórias em quadrinhos, descumprindo sua missão, influenciem perniciosamente a juventude ou dêem motivo a exageros da imaginação da infância e da juventude.
- 4 – As histórias em quadrinhos devem exaltar sempre que possível, o papel dos pais e dos professores, jamais permitindo qualquer apresentação ridícula ou desprimorosa de uns ou de outros (SILVA, 1976 apud VERGUEIRO, 2004, p. 14).

As HQs já eram historicamente utilizadas para informar e como forma de comunicação. Para Eisner (1999a), as primeiras artes seqüenciais (histórias em quadrinhos ou narrativas gráficas) vêm dos homens da caverna, que usavam imagens primitivas como forma de linguagem. Os contadores de história das tribos de civilizações antigas eram os professores, que, preservando o conhecimento, o passavam de geração para geração. Nos Estados Unidos, elas se apresentavam

como de fácil linguagem e de fácil entendimento da língua inglesa para a maioria de sua população migrante, trabalhadora, semi-analfabeta que precisava aprender o idioma do Novo Mundo (ARAGÃO, 2002). Como a mídia usava os personagens das HQs se comunicando num inglês mais coloquial e de fácil compreensão, isso alavancou significativamente a venda de jornais no final do século de XIX. Assim, é muito fácil entender porque é uma ferramenta de comunicação em massa tão importante e popular. Os quadrinhos têm temáticas diversas, desde ficção científica e fantásticas até as que ilustram fatos do cotidiano (ARAGÃO, 2002).

É importante mencionar que os quadrinhos têm, no Brasil, uma longa história junto à educação. A primeira revista brasileira de quadrinhos, O Tico-Tico, publicada a partir de 1905, apresentava, além das HQ, contos, concursos, brinquedos para montar e seções instrutivas, tendo sido um grande sucesso editorial em sua época (NARANJO, 2000). Durante os anos 1950 e 1960, foram publicadas as revistas de divulgação científica através de quadrinhos: Ciência em quadrinhos e Enciclopédia de Quadrinhos (Editora Brasil América Ltda. e Editora Rio Gráfica, respectivamente), onde foram enfocados temas de física, matemática, geografia, história, etc. (CABELLO ET AL., 2010, p 229)

O uso das histórias em quadrinhos (ou tirinhas) no ensino já é reconhecido pela LDB e pelos PCNs. Além disso, Vergueiro (2004) descreve que: “existem vários motivos que levam as histórias em quadrinhos a terem um bom desempenho nas escolas, possibilitando resultados muitos melhores do que aqueles que se obteria sem elas”. Vejamos, resumidamente, alguns deles:

- (i) Os estudantes querem ler os quadrinhos – eles já estão inseridos no cotidiano do aluno, ou seja, os professores não teriam dificuldade nenhuma em utilizá-los na sala de aula;
- (ii) Palavras e imagens, juntos, ensinam de forma mais eficiente – a interligação amplia a compreensão de conceitos de uma forma que qualquer outra forma de comunicação teria dificuldades para se atingir;
- (iii) Existe um alto nível de informação nos quadrinhos – eles debruçam sobre os mais diversos temas, sendo facilmente aplicáveis em qualquer área. As HQs oferecem um leque de informações passíveis a serem discutidas em sala de aula, desde os temas de ficção científica até os de super heróis;

- (iv) As possibilidades de comunicação são enriquecidas pela familiaridade com as histórias em quadrinhos;
- (v) Os quadrinhos auxiliam no desenvolvimento do hábito de leitura – eles estimulam e desenvolvem o hábito da leitura, hoje se sabe que os leitores de quadrinhos também leem outros tipos de revistas, de jornais e de livros. Ampliando assim, a familiaridade com a leitura e se concentrando melhor na leitura;
- (vi) Os quadrinhos enriquecem o vocabulário dos estudantes – as HQs são criadas numa linguagem de fácil entendimento, com muitas expressões que estão presentes no cotidiano dos leitores; ao mesmo tempo são introduzidas novas palavras para descrever novos assuntos, ou seja, os quadrinhos enriquecem o vocabulário do aluno;
- (vii) O caráter elíptico da linguagem quadrinhística obriga o leitor a pensar e imaginar – talvez esse seja o motivo favorável para o emprego das HQs no ensino. Esse motivo está em harmonia com os objetivos do enfoque em CTS e a proposta de atividades investigativas;
- (viii) Os quadrinhos têm um caráter globalizador – por estar veiculado no mundo inteiro, os quadrinhos trazem temáticas que têm condições de ser compreendidas por qualquer aluno, sem a necessidade de um conhecimento anterior específico;
- (ix) Os quadrinhos podem ser utilizados em qualquer nível escolar e com qualquer tema – não existem limites para o aproveitamento das HQs desde os anos iniciais até os anos mais avançados de ensino.

Essas são as vantagens de se trabalhar com tirinhas. Segundo Vergueiro (2004) “Outros poderiam ser acrescentados, é claro. Porém, mais do que listar vantagens, talvez seja interessante fechar essa discussão lembrando duas características bastante pragmáticas do aproveitamento dos quadrinhos em ambiente escolar: acessibilidade e baixo custo.”

Keogh et al (1998) apresentam a argumentação utilizando desenhos sobre situações do cotidiano no metrô em Londres com a questão “O que você acha?”, e diz que os desenhos infantis e a fascinante questão ajudam a mostrar a importância da Física em nossas vidas e o poder de explicar porque as coisas acontecem assim.

Os desenhos conceituais apresentam uma forma alternativa de ponto de vista sobre a ciência e a situação.

Como os quadrinhos estão imersos no nosso cotidiano, nada mais justo e apropriado do que utilizá-los para ensinar e apresentar a ciência e a situação cotidiana. Para Aragão (2002), o advento da internet e dos softwares gráficos ajudam ainda mais na produção e na utilização das tirinhas (ou quadrinhos) na educação tornando a questão da acessibilidade ainda maior.

3 DESENVOLVIMENTO DO MATERIAL:

Este capítulo apresenta como se desenvolveu a produção do material: as tirinhas e suas atividades. Essa proposta baseia-se no enfoque em Ciência, Tecnologia e Sociedade – CTS; apresentando atividades investigativas; a possibilidade da argumentação na sala de aula; e o uso de quadrinhos na educação e, em especial, no ensino de Física. Ou seja, é apresentado um material produzido capaz de despertar a curiosidade do aluno, e que permita uma reflexão e o aprendizado do conceito abordado, através de suas próprias conclusões e da discussão entre os alunos e entre o professor e o aluno.

Para essa proposta foram produzidas tirinhas que abordam a área da Física: Lei da Reflexão em espelhos planos, dentro do currículo do Ensino Médio. Além disso, elas apresentam situações do cotidiano nas quais os espelhos estão presentes.

Nesse capítulo descreve-se também esse processo de produção e, além disso, é apresentada uma relação entre a linguagem dos quadrinhos, alfabetização científica e as demais propostas metodológicas.

3.1 – Linguagem dos Quadrinhos:

Segundo o dicionário Michaelis, linguagem significa:

*sf (provençal *lenguatge*)* **1** Faculdade de expressão audível e articulada do homem, produzida pela ação da língua e dos órgãos vocais adjacentes; fala. **2** Conjunto de sinais falados (glótica), escritos (gráfica) ou gesticulados (mímica), de que se serve o homem para exprimir suas idéias e sentimentos. **3** Qualquer meio que sirva para exprimir sensações ou idéias. **4** Agregado de palavras e métodos de os combinar usados por uma nação, povo ou raça; idioma, língua, dialeto. **5** Fraseologia particular de uma classe de pessoas, profissão, arte, ciência etc.: *Linguagem jurídica*. **6** Fala ou expressão de caráter particular: *Linguagem culta*; *linguagem obscena*. **7** Estilo, dicção. **8** Palavreado, lamúria. **9** A voz dos animais. (WEISZFLOG, 2002, p. 1260)

Dentre todos esses significados, destacaria os itens 2 e 3 para pontuar o significado da palavra linguagem dentro do objetivo desse capítulo. Os conjuntos de sinais empregados nas histórias em quadrinhos são: os signos escritos que representam dentro da estória a fala ou o pensamento do

personagem, e os signos gráficos que podem expressar o sentimento e a personalidade do personagem. Para Eisner (1999a) quadrinhos são: “a disposição impressa de arte e balões em sequência, particularmente como é feito nas revistas em quadrinhos”, e ele chama de arte sequencial: “uma série de imagens dispostas em sequência”, ou seja, as histórias em quadrinhos e as tirinhas são um tipo de arte sequencial. Tendo uma linguagem própria, é muito importante conhecer esse conjunto de signos. Como sugere Vergueiro (2004), uma “alfabetização” da linguagem dos quadrinhos se faz necessária, para que se possa aproveitar da melhor forma os recursos das tirinhas.

Como já foi citado anteriormente, o conjunto de signos que compõe uma história em quadrinhos aguça a imaginação e a capacidade de pensar do aluno. Em todos os lugares que nos encontramos na sociedade em que vivemos, estamos em volta de informações em forma de imagens. Reforçando essa idéia, Caruso e Silveira (2009) dizem:

Em uma sociedade eminentemente visual, com o predomínio da televisão como mídia de massa, os quadrinhos não devem ser desprezados como uma mídia em favor da educação. Além de a linguagem das HQs ser de fácil compreensão, se comparada à dos livros, seu apelo visual é grande, e o seu *timing* (principalmente o das tiras), compatível com o *timing* da visão fragmentada dos videoclips, com os quais os jovens estão habituados. Ou seja, as HQs e, em particular, as tirinhas permitem uma leitura muito rápida e dinâmica da mensagem que se pretende transmitir; portanto, são estimulantes, num certo sentido. (CARUSO E SILVEIRA, 2009, p. 219)

Para Eisner (1999b), os quadrinhos usam uma “linguagem” que precisa da experiência visual comum entre o leitor e o criador, mas de compreensão fácil e que a “leitura” tem uma ampla aplicação. É interessante descrever algumas das características e recursos dos quadrinhos, e das artes sequenciais, a fim de analisar melhor o emprego dessa abordagem de ensino. Seguindo as definições dos autores: Eisner (1999a, b), Vergueiro (2004), McCloud (2005, 2008); pode-se separar a estrutura dos quadrinhos em: narrativa, imagem e texto.

3.1.1 – A narrativa:

McCloud (2008) aponta que as pessoas buscam duas coisas quando querem contar uma história: que o leitor entenda o que se tem que contar, e que ele se importe o bastante para continuar ouvindo até que se acabe. Para isso, é importante conhecer os princípios de se comunicar com clareza, e também aprender a persuadir seu público a continuar com você.

A clareza nos quadrinhos necessita um fluxo de escolhas em relação a imagens, ritmo, diálogo, composição e gesticulação, McCloud (2008) divide essas escolhas em cinco tipos básicos:

-
- | | |
|-------|--|
| (i) | Escolha do momento: decidir quais momentos incluir em uma tirinha e o que deixar de fora; |
| (ii) | Escolha do enquadramento: escolher a distância e o ângulo corretos para ver esses momentos; |
| (iii) | Escolha das imagens: representar os personagens, objetos e ambientes com clareza nesses enquadramentos; |
| (iv) | Escolha das palavras: escolher palavras que acrescentem informações valiosas e se casem bem com as imagens que as rodeiam; |
| (v) | Escolha do fluxo: guiar os leitores através e entre os quadrinhos em uma página ou tela. |
-

Fonte: MCCLOUD (2008), p.15

Jiménez-Aleixandre (2010) diz que aprender a argumentar implica comunicar, persuadir um público. Em cima dessa afirmação pode-se relacionar a argumentação proposta para a sala de aula, com a narrativa em história em quadrinhos. As tirinhas são um novo ambiente que pretende estimular o desenvolvimento da argumentação através das atividades envolvidas, e o estudo das interações professor-alunos. No desenvolvimento das tirinhas buscamos fazer as perguntas ou levantar a curiosidade dos alunos dentro do sistema imagem-texto, ou seja, a questão que se quer discutir está na narrativa da história. Seguindo a divisão proposta por McCloud (2008) criou-se uma narrativa com uma pergunta embutida.

3.1.2 – A imagem:

Para Eisner (1999b), o entendimento de uma imagem necessita de um senso comum de vida entre o artista sequencial e o leitor; ou que o artista compreenda a vida do leitor. Faz-se necessário o desenvolvimento de uma interação, já que o artista está lidando com a memória do leitor. Porém, Vergueiro (2004) ressalta que: na grande maioria das vezes, esse entendimento é alcançado pelo leitor pela interação entre os códigos dos quadrinhos: texto e imagem.

Esse tipo de interação pode ser almejado entre o professor e o aluno, e nesse método de comunicação o facilitador desse entendimento é o cotidiano. Em muitos casos, o cotidiano do aluno é o mesmo do professor, que é o mesmo da escola. Reforçando isso Eisner (1999b) diz:

O sucesso ou fracasso desse método de comunicação depende da facilidade com que o leitor reconhece o significado e o impacto emocional da imagem. Portanto, a competência da representação e a universalidade da forma escolhida são cruciais. O estilo e a adequação da técnica são acessórios da imagem e do que ela está tentando dizer. (EISNER, 1999b, p.14)

É esse o lado da linguagem dos quadrinhos que mostra, de forma mais nítida, o potencial expressivo do artista de quadrinhos. A imagem dentro do quadro é como uma palavra. Sozinha ela tem um significado, mas em uma sequência de quadros, elas podem complementar a informação que se quer passar ou até significar outra coisa completamente diferente do que se entendeu no início.

Muitas vezes, é possível passar uma informação ou contar uma história com imagens apenas. E mais uma vez, o artista requer de uma experiência comum com o leitor/aluno. Através das expressões faciais ou corporais, os artistas podem passar uma idéia ou uma informação. Eisner (1999b) aponta que, “decididamente, a imagem mais universal com que o artista sequencial tem de lidar é a forma humana. De todo o inumerável inventário de imagens que constituem a experiência dos homens, a forma humana é a mais assiduamente estudada, e, portanto, a mais familiar”.

A figura abaixo mostra um exemplo de como a expressão facial em conjunto com as palavras pode ter inúmeras interpretações, e um vocabulário de expressões.



Figura 3 – Demonstração da interação entre as expressões faciais e o vocabulário.

Fonte: EISNER, 1999b, p. 110

É claro, que poderia-se aprofundar mais nesse código, mas esse não é o objetivo desse trabalho, apenas pontuam-se aqui as possibilidades para mostrar o quão rica é essa linguagem.

3.1.3 – O texto:

A linguagem verbal nos quadrinhos expressa a fala ou o pensamento dos personagens, a voz do narrador e os sons envolvidos nas narrativas. Porém, seu emprego dentro das HQs é muito mais complexo que isso. O texto pode estar presente em elementos gráficos, como cartazes, cartas, vitrines etc. Vergueiro (2004) apresenta:

(...) os textos verbais que representam formas de comunicação dos personagens, internas ou externas, aparecem nos quadrinhos envoltos por uma linha circular, próxima à cabeça do(s) que as expressam. Da mesma forma, os textos que contém a expressão do narrador vêm acondicionados em um retângulo colocado no canto superior esquerdo do quadrinho. A representação verbal de sons é

feita nos quadrinhos por meio das onomatopéias, normalmente em caracteres grandes e dispostas na vinheta de maneira a valorizá-la graficamente. (VERGUEIRO, 2004, p.55 e 56)

A forma mais comum de apresentar o texto dentro dos quadrinhos é pelo balão. Os balões de fala formam um complexo código dentro da linguagem verbal. Os balões são a interseção entre a linguagem verbal e visual. Com certa frequência, os balões diferenciam os personagens. Por exemplo, quando existe uma adaptação de uma HQ para o cinema, alguns fãs reclamam que aquela voz não é do personagem. Como pode ser isso? Já que os personagens nos quadrinhos não falam. Vergueiro (2004) explica que, os leitores têm a impressão de ouvir as vozes na sua mente, quando lêem as palavras dentro dos quadrinhos. Isso reforça o que já foi falado sobre o exercício dos quadrinhos estimularem a imaginação do leitor, e, no caso deste projeto, o aluno.

Um ponto também interessante na questão dos balões e seus textos, é quando apresentam tipografia diferente da normal, isso representa um personagem falando em outro idioma, ou outro sotaque, ou ainda quando ele fala de forma diferente.

Dentro da lingüística dos quadrinhos, algumas vezes o texto é tratado graficamente para reforçar uma idéia ou sentimento. Para Eisner (1999a), “O letramento, tratado “graficamente” e a serviço da história, funciona como uma extensão da imagem.” Esse tipo de recurso é utilizado para direcionar a proposta de ensinar Física dentro das tirinhas, para que os quadrinhos não fujam do seu objetivo principal.



Figura 4 – O letramento está apoiado no clima do quadrinho, descrevendo os sentimentos e o cenário.

Fonte: EISNER, 1999b, p. 11

A figura acima exemplifica uma utilização do letramento para dar uma ambientação na narrativa. A utilização da tipografia (letramento) pode ser usada nas tirinhas para enfatizar uma situação ou os fenômenos físicos. Essa é uma característica das histórias em quadrinhos, e por isso, quando bem usado pode ajudar a reforçar uma idéia. Esse é um caso particular do uso do texto nas tirinhas, já os textos por si só não são arte sequencial, elas devem estar em conjunto com as imagens.

3.2 – A concepção das tirinhas:

O potencial pedagógico das histórias em quadrinhos tem sido muito estudado e explorado pelos professores e pesquisadores nas últimas décadas.

Elas têm sido encontradas nos livros didáticos e em provas de vestibular. Nesses casos, elas são usadas como introdução a uma questão ou motivador para apresentação de um conteúdo. Esses materiais têm usado as tirinhas publicadas por autores nacionais e internacionais consagrados, porém, uma nova forma de tiras tem sido produzida como as de Francisco Caruso e Luisa Daou na EDUHQ¹; e Brenda Keogh e Stuart Naylor nos metrô de Londres.

Este projeto tem objetivo semelhante ao dessas novas formas de utilizar as histórias em quadrinhos. As tirinhas da EDUHQ são produzidas pelos alunos do Ensino Médio sobre a orientação do Francisco Caruso, e têm o objetivo de ensinar de forma lúdica e de promover cidadania. As tirinhas de Keogh e Naylor são apresentadas em pôsteres expostos nos espaços publicitários dos vagões dos metrô de Londres, ilustrando situações do cotidiano e estão em conjunto com uma pergunta “What do you think” (O que você acha?) promovendo um entendimento sobre ciência.

Utilizando essas novas formas de trabalhar com tirinhas, ou histórias em quadrinhos, este projeto criou tirinhas que retratam situações do cotidiano e que levantem uma questão sobre um fenômeno físico. Além disso, como nas tirinhas do metrô de Londres, as tirinhas deste projeto estão em conjunto com outras questões, que estão relacionadas com a situação ou o fenômeno. Reforçando a idéia de Keogh et al (1998) que sugere que os personagens das tirinhas apresentem pontos de vistas alternativos sobre a ciência envolvida na situação, e convidem o alunos a se juntar ao debate com eles.

As artes sequenciais têm um título para dar uma identidade e tornar as tirinhas atrativas para que o leitor leia. O título é um trocadilho entre a palavra História que é substituída pela palavra Física, já que as histórias em quadrinhos contam histórias, mas essas tirinhas “contam” Física. Por isso, as tirinhas ganharam o nome de “Física em quadrinhos”.

¹ EDUHQ – Educação através de História em Quadrinho é um projeto coordenado pelo Professor Francisco Caruso, da UERJ, que tem como proposta o ensino por meio de histórias em quadrinhos.



Figura 5 – Marca das tirinhas

A figura acima representa a marca da tirinhas. A letra 'O' estilizada representa a órbita da Terra em torno do Sol ou também um átomo de hidrogênio, uma vez que cerca de 70% da matéria que constitui nossa estrela é o hidrogênio. Essa marca tem esse duplo significado.

Nas tirinhas do Física em Quadrinhos o protagonista das histórias é o fenômeno físico. Para Vergueiro (2004), os personagens secundários concorrem para destacar a atuação do protagonista, ou seja, os personagens secundários estão vivenciando esse fenômeno, para destacar o fenômeno físico. No caso deste projeto, o protagonista é o tema da Física a ser estudado: reflexão da luz. Futuramente, a ideia é contemplar outros fenômenos científicos.

4 APRESENTAÇÃO DO MATERIAL:

Neste capítulo serão apresentados os materiais produzidos destinados aos alunos, e como os professores podem aproveitar esse material em formato de tirinhas-questões. Este conjunto busca desenvolver os objetivos traçados no referencial teórico, como, por exemplo, a formação de um aluno-cidadão: um aluno crítico que busca resolver seus problemas e de sua sociedade de forma coerente e sensata. Neste projeto serão valorizadas competências ligadas à habilidade de leitura e a capacidade crítica de acordo com os PCNs (BRASIL, 2002).

Todas as atividades do projeto aqui apresentado estão dentro da subárea da Ótica, a lei de reflexão em espelhos planos. Por isso, como mencionado anteriormente, as tirinhas tentam apresentar situações do cotidiano nas quais a aplicação dos espelhos está presente, seguindo assim, as orientações dadas, principalmente através do enfoque em CTS (SANTOS e MORTIMER, 2000)

O tema “espelhos planos” foi dividido em seis tópicos, e cada um desses tópicos tem um grupo de tirinhas e suas respectivas questões. Essa divisão busca uma seqüência didática que está comumente presente em muitos livros didáticos. Os tópicos são: (i) “inversão” da imagem; (ii) posição da imagem; (iii) campo visual; (iv) associação de espelhos e (v) curiosidade com espelhos e/ou reflexão.

A apresentação das tirinhas está acompanhada de questões a serem levantadas pelo professor, seguindo o referencial já proposto. Como uma das características mais importantes das tirinhas é o humor, algumas situações foram “exageradas” com certa licença poética.

4.1 – Unidade 1: “Inversão” da imagem

Começamos essa unidade levantando questões sobre a inversão da imagem. O senso comum diz que a imagem refletida no espelho plano é exatamente igual ao objeto. Porém isso é um equívoco. O objeto e a imagem não se sobrepõem, por isso, o termo para o fenômeno não é exatamente uma inversão, pois o lado direito corresponde ao lado esquerdo e vice-versa. O

termo certo é reversão da imagem. Porém, o termo “incorreto” está sendo usado para discussão desse assunto com os alunos. As tirinhas dessa unidade abordam questões e situações do dia a dia, nas quais a reversão é observada. Por exemplo, em ambulâncias, carros da Defesa Civil e Corpo de Bombeiros.

4.1.1 – Tirinha – “Inversão” da Imagem I:

Física^{EM} QUADRINHOS “INVERSÃO” DA IMAGEM I



- 1) No primeiro quadrinho, qual braço da menina está levantado? E na sua imagem?
- 2) Por que a palavra aparece "errada"? Escreva como ela deveria escrever para aparecer no "espelho" a palavra Casa?
- 3) Vá a um espelho, e mexa seu corpo. Observe e anote o que está acontecendo com a sua imagem.

Figura 6 – “Inversão” da imagem I

Para o professor: Essa tirinha tem objetivo de iniciar a discussão sobre a reversão da imagem e também discutir o uso do termo “inversão”. Além disso, propõe algumas atividades observacionais e experimentais. O professor pode levar um espelho grande para a sala de aula e os grupos observarem individualmente, discutirem entre si e depois coletivamente com a classe. Ou então, o professor pode propor essas experimentações antes da aplicação das tirinhas para que o aluno já chegue à sala de aula com as observações feitas.

4.1.2 – Tirinha – “Inversão” da Imagem II:

Física^{EM} QUADRINHOS “INVERSÃO” DA IMAGEM II



- 1) Porque a palavra impressa na frente de alguns veículos, como por exemplo a ambulância, é escrita ao contrário? Reproduza.
- 2) No quadrinho 3, o garoto teve uma interpretação de "inversão" da imagem. É possível reproduzir uma imagem assim, com um espelho plano? Como?

Figura 7 – “Inversão” da imagem II

Para o professor: Inicialmente, essa tirinha apresenta uma utilização muito comum da reversão da imagem – nos carros de emergência – com uma atividade prática e observacional. A tirinha abre uma reflexão muito interessante: a interpretação do menino está errada ou a menina se expressou de forma errada? É muito importante, o professor trabalhar essa discussão com os alunos para que eles compreendam bem a diferença entre os termos. E se existe a possibilidade de reproduzir a imagem imaginada pelo menino, fazendo um paralelo com a imagem refletida em superfície calma de lagos.

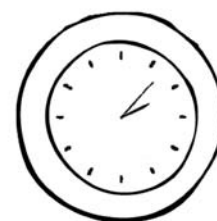
4.1.3 – Tirinha – “Inversão” da Imagem III:

Física^{EM} QUADRINHOS

“INVERSÃO” DA IMAGEM III



- 1) Imagine que você seja o pai do garoto. O que você faria para entender o que o garoto está dizendo?
- 2) Por que o espelho plano inverte a parte direita para a parte esquerda, mas não inverte a parte de cima para a parte de baixo?
- 3) Na parede da sala há um relógio de ponteiros no qual, em vez dos números, há pequenos traços. Na parede oposta àquela onde está o relógio existe um espelho plano. A figura ao lado mostra a imagem do relógio no espelho. Observando a imagem do espelho, responda: Que horas são no relógio?



IMAGEM

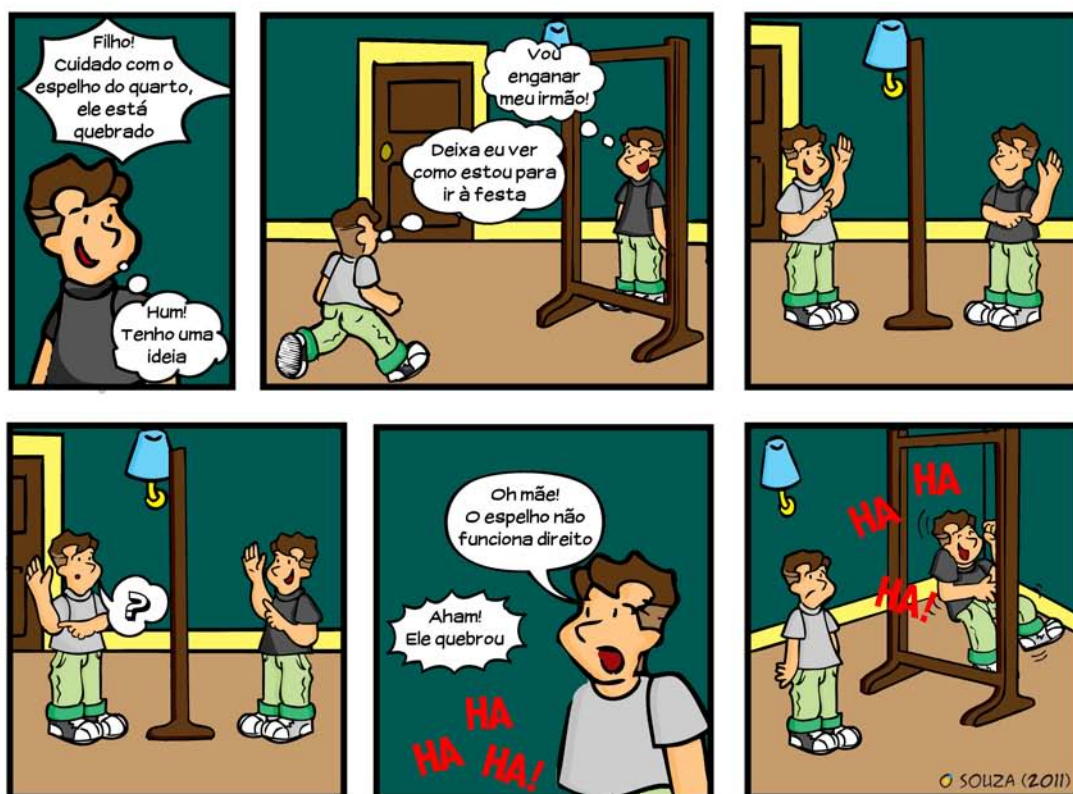
Figura 8 – “Inversão” da imagem III

Para o professor: Esse conjunto tirinha-questão é empregado para discutir novamente as perguntas das primeiras tirinhas. As tirinhas e as perguntas podem ser usadas pelo professor para avaliar se o aluno realmente dominou os assuntos tratados nas primeiras tirinhas. Uma das questões apresentadas com a tirinha trata de uma questão muito comum nos livros didáticos, em que há o reflexo de um relógio e se pergunta as horas marcadas no relógio a partir da observação de seu reflexo.

4.1.4 – Tirinha – “Inversão” da Imagem IV:

Física^{EM}

QUADRINHOS “INVERSÃO” DA IMAGEM IV



1) Escreva o seu nome, em letra de forma, à esquerda do espelho e na direita escreva a imagem do seu nome observada através de um espelho plano.

E
S
P
E
L
H
O

2) Sem olhar no espelho, faça uma previsão de quais das seguintes letras têm uma imagem no espelho igual a si e quais têm uma imagem diferente.

M V Q C A G S R U N T O

Em seguida, use o espelho para confirmar sua previsão.

Figura 9 – “Inversão” da imagem IV

Para o professor: De uma forma bem humorada, um garoto tenta enganar seu irmão gêmeo. O professor pode usar essa situação para rediscutir com os alunos a reversão da imagem. Além disso, essa tirinha apresenta novas atividades, que vão reforçar as idéias discutidas nas outras tirinhas. As previsões propostas nessa tirinha podem ser exploradas pelo professor para avaliar se o aluno realmente entendeu o fenômeno.

4.1.5 – Tirinha – “Inversão” da Imagem V:

Física^{EM} QUADRINHOS

“INVERSÃO DA IMAGEM V



1) O que a menina quis dizer com: "fazer o espelho direito" e "meu melhor lado"?

2) Vamos investigar imagens formadas em espelhos planos. Precisamos de um dado e dois espelhos planos de bolso. Coloque os espelhos um de frente para outro, e o dado no meio. Observe as imagens produzidas em ambos os espelhos. Faça um esquema mostrando como cada face se comporta diante do espelho. Que conclusões você pode tirar disso?

Figura 10 – “Inversão” da imagem V

Para o professor: Mais uma vez, esse conjunto é utilizado para complementar as primeiras tirinhas. Com uma situação engraçada, uma menina conversa sobre o espelho, e seu “mal” funcionamento. O professor pode perguntar se os alunos concordam com essa afirmação da menina. O conjunto também

pergunta novamente sobre a questão de reversão, e o fato de a imagem e o objeto não serem exatamente iguais.

Essa tirinha apresenta também uma atividade investigativa sobre a observação de um dado entre dois espelhos. O professor pode sugerir que os alunos desenhem os resultados da observação.

4.2 – Unidade 2: A Posição da imagem

Nesta unidade são apresentadas questões sobre a posição da imagem, discutindo o fato de a imagem ser virtual, e o significado disso. De como também a imagem é formada pelo prolongamento dos raios refletidos na superfície do espelho, o que já sugere que a imagem não pode estar na superfície do espelho, mas atrás dele.

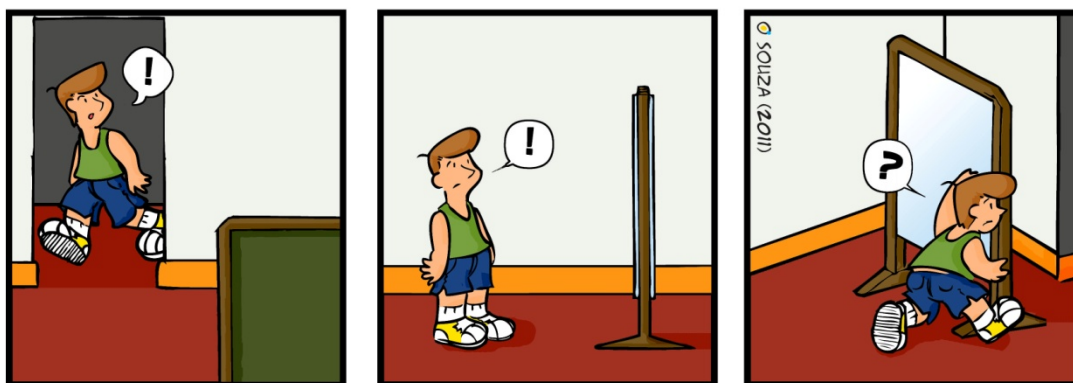
Além disso, será discutido com os alunos sobre a independência do tamanho da imagem em relação à distância em que se encontra o objeto. Na verdade, a posição da imagem depende somente da posição relativa do objeto ao espelho.

Com as atividades presentes nessa unidade, o aluno poderá construir a imagem e mais uma vez comprovar a questão da posição da imagem num espelho plano.

4.2.1 – Tirinha – Posição da Imagem I:

Física^{EM} QUADRINHOS

POSIÇÃO DA IMAGEM I



- 1) Responda por que, no último quadrinho, o menino está olhando atrás do espelho?
- 2) O menino está olhando para um espelho plano. Sabendo disso, desenhe na figura abaixo, onde se encontra a imagem do menino?



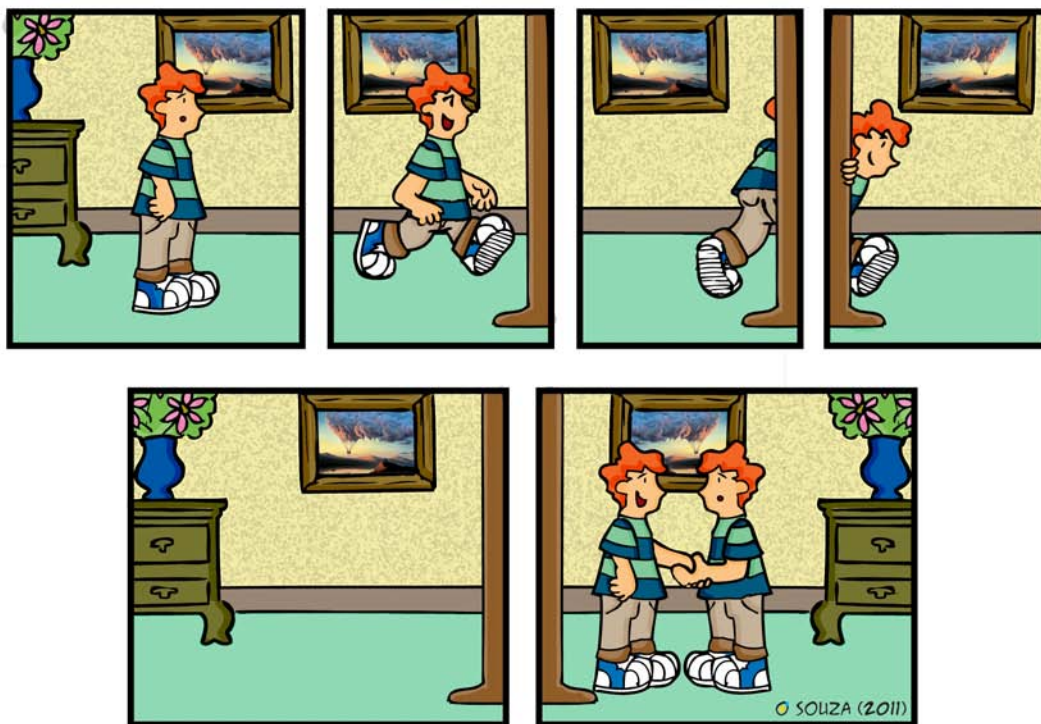
Figura 11 – Posição da imagem I

Para o professor: As questões dessa tirinha são introdutórias à discussão desse tópico. Por que ele está olhando atrás do espelho? Essa é uma questão muito interessante para que os alunos discutam essa teoria. Na segunda questão, os alunos podem começar a construir a idéia de prolongar os raios, formar a imagem e a posição da imagem. Após essa tirinha, o professor pode introduzir problemas numéricos.

4.2.2 – Tirinha – Posição da Imagem II:

Física^{EM} QUADRINHOS

POSIÇÃO DA IMAGEM II



1) O que significa dizer que a imagem no espelho plano é virtual?

2) A imagem abaixo mostra o mesmo menino de frente para um espelho. Se esse espelho estiver inclinado, em relação ao chão, onde se encontra sua imagem? Mostre na figura.



Figura 12 – Posição da imagem II

Para o professor: Essa tirinha apresenta uma situação exagerada do menino atravessando o espelho e cumprimentando seu reflexo. O professor pode usar essa situação para conceituar imagem virtual e associá-la com a tirinha da fig. 11, posição da imagem I, ou seja, que a imagem virtual é aquela que se

encontra atrás do espelho. Além disso, a tirinha apresenta uma questão muito interessante sobre a posição da imagem quando o espelho está inclinado. O professor pode trabalhar a construção de imagens usando o conceito de raio de luz. É importante comentar que o professor deve apresentar a tirinha antes de apresentar a teoria.

4.2.3 – Tirinha – Posição da Imagem III

Física^{EM} QUADRINHOS

POSIÇÃO DA IMAGEM III



1) Você é capaz de encontrar o erro, comentado pela menina, nesse quadro?

Figura 13 – Posição da imagem III

Para o professor: Esse quadro se chama Um Bar no Folies-Bergère e foi pintado por Edouard Manet, em 1882. É um quadro muito famoso e um dos motivos do seu sucesso é a sutil distorção que faz a cena parecer estranha. Walker (2008) explica essa distorção dizendo que ao olhar para o quadro pela primeira vez já percebemos que existe algum erro. A idéia da questão apresentada em conjunto com a tirinha é levar à discussão e à descoberta dos erros. O professor deve lembrar aos alunos que o espelho nesse quadro está atrás da garçonete. A resposta dessa pergunta é encontrada em diversos livros, como por exemplo, no Walker (2008) que explica os erros da pintura.

pode apresentar questões sobre a posição da imagem quando o objeto está em movimento ou é deslocado.

4.2.5 – Tirinha – Posição da Imagem V



1) No último quadrinho, a cabelereira mostra a parte de trás do cabelo da menina. Supondo que a menina esteja a uma distância de 80 cm do espelho, e que o espelho segurado pela cabelereira esteja a uma distância de 40 cm da menina, qual a distância entre a imagem do cabelo e a imagem da imagem do cabelo refletida no espelho grande?

2) A menina está sentada na cadeira da cabelereira, e ela olha no espelho a imagem da cabelereira, em pé atrás dela. A menina está a uma distância de 80 cm do espelho e a cabelereira está a uma distância de 130 cm do mesmo espelho. A que distância (horizontal) dos olhos da menina está a imagem da cabelereira?

Figura 15 – Posição da Imagem V

Para o professor: Depois de já ter discutido as tirinhas anteriores do bloco “Posição da Imagem”, faz-se necessário apresentar questões numéricas. Essa tirinha apresenta este tipo de questão para trabalhar matematicamente o problema.

4.3 – Unidade 3: Campo Visual

Nessa unidade será discutido o campo visual de um espelho plano, que é a região do espaço contemplada pela reflexão da luz no espelho para um determinado observador.

As tirinhas dessa unidade acompanham questões para discussão e outras para explorar a visualização geométrica com a construção da imagem sobre campo visual.

4.3.1 – Tirinha – Campo Visual I

Física^{EM} QUADRINHOS

CAMPO VISUAL I



- 1) Por que as meninas riem da afirmação da outra menina?
- 2) O que seria possível fazer para que ela conseguisse ver seus tênis?
- 3) É possível formar uma imagem ampliada ou reduzida utilizando o mesmo espelho? Justifique.

Figura 16 – Campo Visual I

Para o professor: A tirinha começa apresentando uma afirmação muito conhecida pelos educadores que estudam as concepções alternativas do aluno e inicia a unidade discutindo e confrontando essa concepção alternativa do aluno.

4.3.2 – Tirinha – Campo Visual II

Física^{EM}
QUADRINHOS

CAMPO VISUAL II



1) A menina conseguiu ver o garoto com auxílio de um espelho. Mostre em que região o vampiro e a janela devem estar para que a menina o veja pelo espelho. (Utilize o diagrama ao lado)

2) O esquema ao lado representa a planta de uma sala. Um ladrão está na posição indicada. O espelho representado tem a altura da parede. O dono da casa vê o ladrão? E o ladrão vê o proprietário da casa?

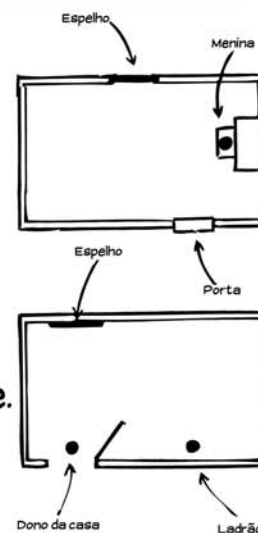
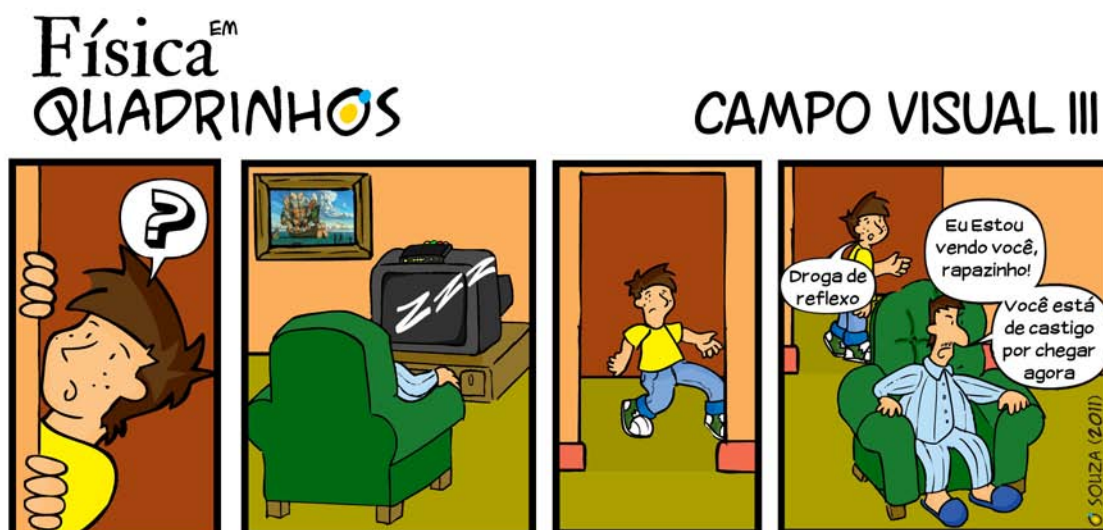


Figura 17 – Campo Visual II

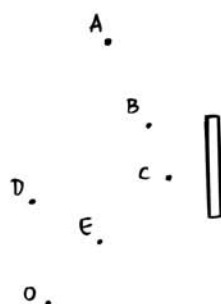
Para o professor: Essa tirinha apresenta duas situações, uma presente na tirinha e uma outra situação hipotética. Nas duas questões, o professor pode trabalhar graficamente o estudo do campo visual dos espelhos.

4.3.3 – Tirinha – Campo Visual III



1) Observando a tirinha, como você acha que o pai viu o garoto?

2) O esquema representa um espelho, diante do qual se encontram cinco objetos luminosos: A, B, C, D e E. O ponto O corresponde à posição do globo ocular de um observador.



Que ponto (ou pontos) o observador não poderá ver pela reflexão da luz de espelho?

Figura 18 – Campo Visual III

Para o professor: Numa situação muito comum entre pais e filhos, o professor pode usar a tirinha para discutir como o pai conseguiu ver o seu filho. Junto com a tirinha, há a questão 2 que é muito comum em livros didático.

4.3.4 – Tirinha – Campo Visual IV

Física^{EM}
QUADRINHOS

CAMPO VISUAL IV



- 1) O que o narrador do jogo quis dizer: "o espelho reflete os raios ópticos dela"? Faça um esquema, se preciso.
- 2) Alguns caminhões possuem uma placa na traseira dizendo: "Se você não pode ver meu espelho, eu não posso te ver". O que isso quer dizer? Como podemos relacionar isso com essa tirinha?
- 3) Qual das imagens dos objetos, o olho, localizado no ponto P, pode ver refletida no espelho?



Figura 19 – Campo Visual IV

Para o professor: Essa tirinha mostra uma das lendas mais conhecidas da utilização de um espelho, nesse caso um escudo polido: o confronto entre a gorgona conhecida como Medusa e o valente guerreiro Perseu representado num jogo de interpretação de personagens (RPG). Um garoto utiliza o conhecimento da lenda e o outro garoto (o narrador do jogo) contrargumenta com o conhecimento científico, já que os raios ópticos da gorgona podem ser refletidos pelo escudo (uma superfície polida). Com essa tirinha, o professor

pode discutir como os objetos são enxergados e o que é necessário para que isso se dê desta maneira, confrontando a concepção alternativa sobre os raios ópticos. Além disso, existe uma questão encontrada em Hewitt (2006) sobre as placas de alguns caminhões que dizem: “Se você não pode ver meu espelho, eu não posso te ver”. Na situação da tirinha, se o guerreiro pode ver a imagem da Medusa refletida no escudo polido, ela também pode ver o guerreiro pelo escudo, o que levaria a ser petrificado. Outra questão que pode ser discutida com os alunos é o fato de o espelho ser qualquer superfície polida.

4.4 – Unidade 4: Associação de Espelhos

Essa unidade é composta por duas tirinhas que ilustram situações onde os espelhos planos são associados ou formando um ângulo. Além disso, nessa unidade, as tirinhas apresentaram algumas atividades envolvendo medidas de ângulo. Com essas medidas, o professor pode trabalhar com os alunos a utilização de transferidor, instrumento que os alunos têm muita dificuldade de utilizar.

4.4.1 – Tirinha – Associação de Espelhos I

Física^{EM} QUADRINHOS

ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS I



1) A menina fala sobre "várias imagens". Por isso, vamos fazer uma atividade. Fixe dois pequenos espelhos retangulares com fita adesiva de modo que possam girar em torno de um eixo comum. Coloque um pequeno objeto entre os espelhos. Quantas imagens você vê? Faça uma tabela contendo ângulo, meça com um transferidor, anote número de imagens e faça uma relação entre as variáveis.

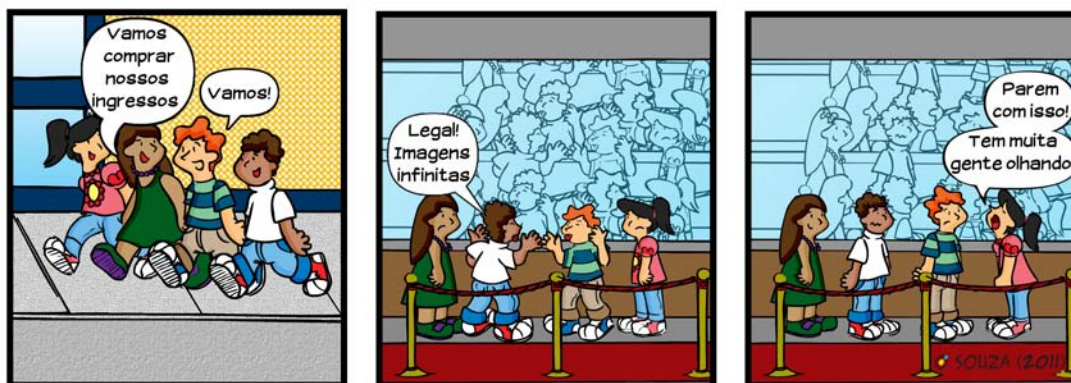
Figura 20 – Associação de espelhos I

Para o professor: Essa tirinha tem o objetivo de fazer o aluno chegar, através da experimentação, na equação da relação entre o número de imagens e o ângulo entre os espelhos.

4.4.2 – Tirinha – Associação de Espelhos II

Física^{EM} QUADRINHOS

ASSOCIAÇÃO DE ESPELHOS II



1) Como podemos fazer imagens infinitas usando espelhos?

Figura 21 – Associação de espelhos II

Para o professor: Nessa tirinha, o professor pode discutir a questão da associação em paralelo, e também a questão de que nenhuma reflexão é perfeita. Quando vemos uma associação de espelhos em paralelo sempre achamos que as imagens são infinitas e esquecemos que a reflexão se perde por conta do material, ou seja, um número de imagens infinitas é uma situação ideal.

4.5 – Unidade 5: Curiosidades sobre Espelhos

Essa unidade aborda o emprego dos espelhos de forma mais geral. As tirinhas dessa unidade podem ser utilizadas dentro das outras unidades. Porém, elas, nesse caso, são tratadas separadamente por serem questões bastante curiosas, e muitas vezes não se para pra discutir ou desenvolver um diálogo sobre elas. A finalidade dessa unidade é sedimentar os conhecimentos das unidades anteriores, já que elas não deixam de pertencer aos temas reflexão. O reflexo da Lua ou do Sol no mar, ou como funciona um truque ou brinquedo onde são utilizados os espelhos são exemplos do tema que constitui essa unidade.

4.5.1 – Tirinha – Curiosidades sobre Espelhos I

Física^{EM}
QUADRINHOSCURIOSIDADES
SOBRE ESPELHOS I

1) Os meninos utilizam um periscópio para observar as meninas. Periscópio é um instrumento óptico muito utilizado em guerra para observar o inimigo de dentro das trincheiras ou de um submarino. Você pode fazer um esquema sobre a configuração de um periscópio?

2) A partir do que você já discutiu sobre a formação da imagem num espelho plano, estime a imagem da palavra Física observada no periscópio, e depois confira sua estimativa com a observação do periscópio.

3) Vamos construir um periscópio utilizando os seguintes materiais:

- * dois pedaços de espelho plano quadrados (ou retangulares);
- * caixa de pasta de dente (ou semelhante);
- * tesoura, cola ou fita crepe.

Com o periscópio, veja se sua previsão está correta. Agora observe objetos, pessoas e lugares. Por que não acontece o efeito reversão da imagem?

Figura 22 – Curiosidades sobre espelhos I

Para o professor: O professor pode começar perguntando como os marinheiros conseguem ver o inimigo estando dentro do submarino? Depois disso, a tirinha pode ser aplicada, e o funcionamento do instrumento discutido com os alunos. O professor pode perguntar como os alunos imaginam que seja um periscópio por dentro, e como ele é formado. Além disso, a tirinha propõe a construção de um periscópio. Com essa tirinha, o professor pode retomar as discussões das tirinhas de “inversão” da imagem, observando as palavras e letras com o periscópio.

4.5.1 – Tirinha – Curiosidades sobre Espelhos II

Física^{EM}
QUADRINHOS

CURIOSIDADES
SOBRE ESPELHOS II



1) Como é mostrado na tirinha o reflexo da Lua? Desenhe como você imagina que fosse. Há diferença?

2) Nós enxergamos o pato e sua imagem refletida na água. Por que não vemos as patas da imagem do pato?

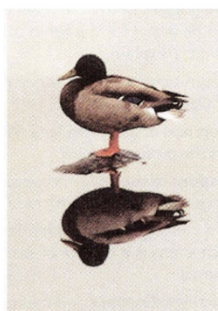


Figura 23 – Curiosidades sobre espelhos II

Para o professor: Essa tirinha apresenta uma questão encontrada em Walker (2008). Com ela, o professor pode discutir sobre a reflexão difusa, a reflexão que acontece nos materiais em geral.

4.5.1 – Tirinha – Curiosidades sobre Espelhos III

Física^{EM} QUADRINHOS

CURIOSIDADES SOBRE ESPELHOS III



1) Fixe dois pequenos espelhos retangulares com fita adesiva de modo que possam girar em torno de um eixo comum. Coloque esse conjunto em cima de um desenho. Observe os padrões em diferentes desenhos e diferentes ângulos entre os espelhos. Discuta com seus colegas sobre os efeitos verificados, e relacione-os com o já foi aprendido anteriormente.

Figura 24 – Curiosidades sobre espelhos III

Para o professor: Essa tirinha apresenta uma situação de descoberta. Junto com a tirinha é proposta uma atividade para que os alunos descubram como funciona e como deve ser dentro de um caleidoscópio. O professor pode apresentar a tirinha, e depois propor a atividade (o que na opinião do autor desta monografia, é mais favorável à descoberta), ou o professor pode propor a atividade e depois apresentar a tirinha.

4.5.1 – Tirinha – Curiosidades sobre Espelhos IV



1) Como explicar esse truque?

Figura 25 – Curiosidades sobre espelhos IV

Para o professor: Muitos truques observados nos circos, teatros e em espetáculos de magia utilizam espelhos. O truque apresentado na tirinha não é diferente. O professor pode usar essa tirinha para discutir sobre esse e outros truques. A solução desse truque é encontrada em Walker (2008).

4.6 – As Leis da Reflexão e os espelhos planos no cotidiano:

O fenômeno da reflexão e a presença dos espelhos planos são observados em vários momentos de nosso dia a dia, e muitas vezes não percebemos. Espelhos são superfícies lisas e polidas que permitem a reflexão de grande parte da luz que incide sobre elas. Materiais de aço inox, uma pintura bem polida de um automóvel e até um lago são exemplos de tipos dessas superfícies nas quais é possível ver nossa imagem.

Os espelhos são usados, principalmente, para observar coisas em ângulos diferentes. Ao pegar um elevador, notamos a existência de espelhos planos na lateral ou no fundo do elevador. Nesse caso, eles são usados para que o ascensorista possa enxergar possíveis usuários estando dentro do local.

Ou então, em retrovisor de carros para que seja possível ver os carros que estão atrás do carro.

Muitos instrumentos ópticos utilizam espelhos planos no seu funcionamento. Os telescópios têm espelhos na sua composição, os quais foram introduzidos por Issac Newton. O chamado telescópico refletor funciona com a combinação de espelhos esféricos e espelhos planos. Além disso, existem os periscópios que são instrumentos usados na guerra para observar os inimigos de dentro de uma trincheira ou de um submarino. A bola de espelhos e os caleidoscópios são utilizados para o entretenimento, eles refletem luzes e brilhos fascinantes.

A mais comum utilização do fenômeno da reflexão é quando nos olhamos no espelho. E a mais antiga registrada é a lenda de Narciso quando olhava seu reflexo no lago e admirava sua beleza.

4.7 – Modelo Teórico da Reflexão:

O matemático francês Pierre de Fermat, por volta de 1650, baseado na sua hipótese de que *“a Natureza sempre atua pelo caminho mais curto”*, formulou o princípio de Fermat ou do mínimo tempo, que diz:

“De todos os caminhos possíveis para ir de um ponto a outro, a luz segue aquele que é percorrido no tempo mais curto”. (FEYNMAN, 2008, p.26-3)

Com a idéia de Fermat em mente, podemos compreender a reflexão. Para demonstrar esse princípio em espelho plano, na fig. 26a são mostrados dois pontos A e B, e um espelho E. A seguinte questão é levantada, qual é o caminho para ir de A até B no menor tempo? A resposta para isso é muito simples, uma reta de A, direto para B. Mas podemos considerar uma condição para esse problema; que seria que a luz tem que “bater” no espelho e retornar no menor tempo. Ou seja, a resposta não é tão simples.

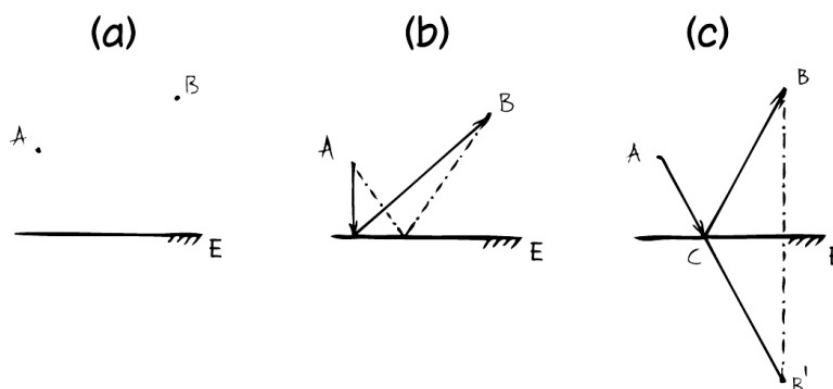
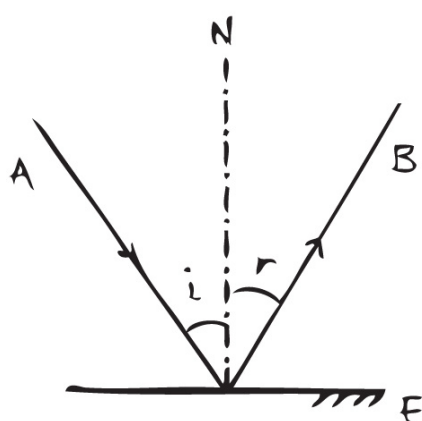


Figura 26 – Demonstração do Princípio de Fermat

A reta teria que ir tão rápido quanto possível de A até o espelho E, e do espelho ir para B, como mostra na Fig. 26b. O caminho de A até o espelho E é o mais curto, porém o caminho de B até o espelho E é o mais comprido. Deslocando o ponto que a reta toca no espelho, um pouco mais para a direita, aumenta-se ligeiramente a reta de A até o espelho, mas diminui-se consideravelmente a reta do espelho até B. Desse modo diminuindo o caminho total de A até B, quando ricocheteia no espelho E. Como podemos encontrar o ponto exato de incidência sobre o espelho para o qual o tempo total é o mais curto possível? Podemos encontrar a resposta para isso utilizando um truque geométrico: marcando um ponto artificial B' no outro lado do espelho, a uma distância abaixo do mesmo igual à distância do ponto B até o espelho, como ilustra a fig. 26c. A distância mais curta entre A e este ponto artificial B' é determinado traçando-se uma linha reta entre os dois pontos. Essa reta intercepta o espelho num ponto C, o ponto exato onde se dá a reflexão no mínimo caminho, que é o menor percurso de propagação da luz entre A e B. Analisando cuidadosamente isso, verifica-se que a distância entre C e B é igual à distância entre C e B'. E que o caminho de A até B', passando por C, é igual ao comprimento do caminho que vai de A até B também passando pelo C.

Outra análise mostra, através da geometria, que se for traçado uma reta imaginária N, chamada de normal, perpendicular ao espelho E, e passando pelo ponto C, o ângulo entre o raio de incidência e a normal é igual ao ângulo entre o raio refletido e a normal, como mostra a fig. 27. Além disso, o raio incidente e o raio refletido pertencem ambos ao mesmo plano.



E = Espelho ou superfície polida e refletora

AC = raio incidente

CB = raio refletido

N = reta normal a E no ponto de incidência

i = ângulo de incidência, formado pelo raio incidente (AC) e pela reta normal (N)

r = ângulo de reflexão, formado pelo raio refletido (CB) e pela reta normal (N)

Figura 27 – Esquema que representa a reflexão de um raio de luz

Com isso, apresentam-se as leis da reflexão, que são válidas para qualquer valor do ângulo.

Primeira Lei: O raio refletido permanece no mesmo plano que o raio incidente, ou seja, eles são coplanares.

Segunda Lei: O ângulo de reflexão é igual ao ângulo de incidência.

Dessa forma, define-se reflexão como sendo o fenômeno onde a luz volta a se propagar no mesmo meio de origem, após incidir numa superfície que separa dois meios.

4.8 – Espelhos Planos:

Quando os raios de luz sofrem reflexão regular num espelho plano e atingem nossos olhos, não percebemos que esses raios foram refletidos na superfície. A impressão que se tem é que os raios vieram do espelho, exatamente da posição em que se vê a imagem.

A imagem é vista num espelho, porque os raios de luz que são refletidos pelo corpo chegam até a superfície do espelho, sofrem reflexão regular e a imagem é captada pelos olhos. Os espelhos têm umas particularidades

interessantes. Uma delas é a reversão da imagem, que em linguagem científica quer dizer que ele “troca” a direita e a esquerda de lugar.

Outra particularidade é o estudo sobre o campo visual, que é a região do espaço que pode ser contemplada pelo espelho através da reflexão. Esse campo visual é determinado pela posição do observador em relação ao espelho. Situação muito observada, por exemplo, quando o espelho é usado para ampliar sua visão o que ocorre em locais como supermercados, elevadores e automóveis.

Na translação de espelhos planos, quando um espelho é transladado paralelamente a si mesmo, a imagem de um objeto fixo sofre translação no mesmo sentido em relação ao espelho, e por último a associação do espelho plano, onde o número de imagens é fornecido pela fórmula:

$$N = \frac{360^\circ}{\alpha} - 1$$

onde, N é o número de imagens

α é o ângulo diedro entre os dois espelhos

4.9 – Concepções Espontâneas sobre a Reflexão e os Espelhos Planos:

Algumas tiras têm a finalidade de discutir as concepções espontâneas, propondo questões que levem os estudantes a confrontar essas concepções e que ele seja capaz de construir as concepções corretas.

Segundo Almeida et al. (2007), as principais concepções espontâneas detectadas referentes à reflexão e sobre os espelhos planos são:

a) A reflexão da luz ocorre somente na forma especular

Os alunos não consideram o processo de interação entre a luz e os objetos, quando a palavra reflexão não aparece explicitamente. Eles não entendem que a luz é refletida em parede e em outros objetos opacos.

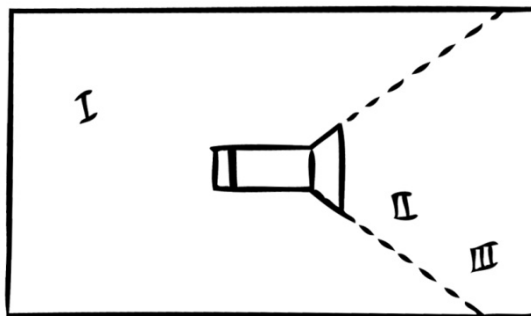


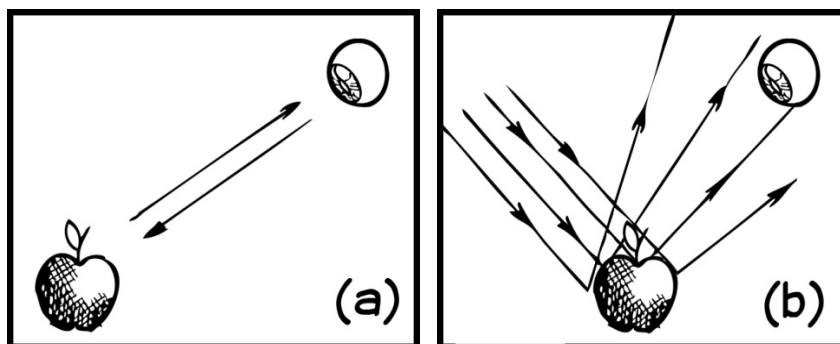
Figura 28 - Lanterna iluminando uma parede de uma sala fechada

(adaptada da figura apresentada pelo autor)

A figura 28 mostra uma lanterna ligada e apontada para a parede. Nessa situação, existe a possibilidade de haver luz na região I. Por isso, os alunos acreditam que seja uma “violação da propagação retilínea da luz”, pois a luz não pode dobrar-se para iluminá-la. Em outras palavras, não é considerada a reflexão da luz na parede da sala, fazendo com que parte da luz emitida pela lanterna também se propague na região I.

b) Raios visuais

Essa concepção está relacionada com a primeira, já que os estudantes não consideram que a luz é refletida pela parede e por outros objetos opacos. É comum o estudante considerar, que não é necessário luz para que se veja um objeto. Alguns alunos apresentam o modelo dos “raios visuais”, proposto por Aristóteles, para explicar o processo da visão (figura 29a). Na figura 29b é representada a visualização de um objeto considerando a concepção científica. Diversos raios são refletidos pela superfície do objeto, alguns chegam ao olho do observador, permitindo-lhe sua visualização.



**Figura 29 - Visualização de um objeto utilizando os raios visuais (a);
conceitos científicos (a).**

(adaptada da figura apresentada pelo autor)

c) A imagem está na superfície do espelho

Provavelmente essa concepção existe porque há a dificuldade de os alunos conceberem as características das imagens virtuais, que são formadas pelos prolongamentos dos raios refletidos na superfície do espelho, o que já sugere que a imagem não pode estar na superfície do espelho (figura 30), mas atrás dele. A imagem formada por um espelho plano não é somente do objeto em questão, mas de parte do ambiente que cerca esse objeto, ou seja, reproduzi, também, a distância que o objeto está do espelho, por exemplo.

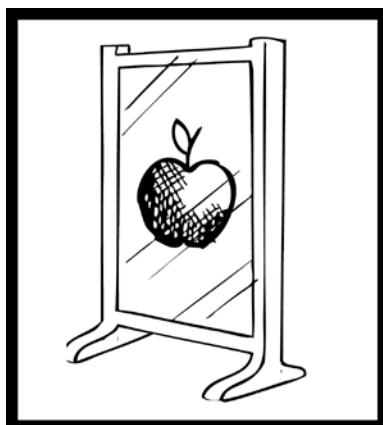


Figura 30 - Imagem está na superfície do espelho.

(adaptada da figura apresentada pelo autor)

d) O tamanho da imagem depende da distância do objeto ao espelho

Ao afastar um objeto de um espelho plano, o aluno acredita que a imagem do objeto diminui (figura 31).

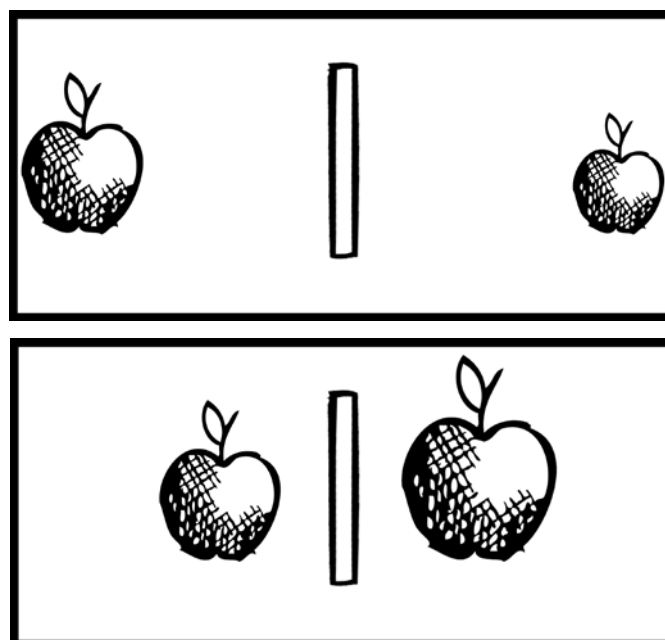


Figura 31 - Redução da imagem com o aumento da distância.

(adaptada da figura apresentada pelo autor)

O autor refere que tal concepção, possivelmente, também esteja relacionada à dificuldade de traçar os raios principais para determinação de imagens em espelhos planos.

e) A posição da imagem depende do observador

A posição da imagem depende somente da posição relativa do objeto ao espelho. A visualização dessa imagem é que depende da posição na qual o observador está posicionado, ou seja, depende do local onde os raios refletidos no espelho, provenientes do objeto, possam chegar aos olhos do observador.

f) Espelhos só podem ser feitos de metal ou vidro

O autor afirma que os estudantes investigados não consideram os espelhos planos simplesmente como qualquer superfície polida que reflete regularmente a luz, devendo ser, somente, de metal ou vidro. Os alunos

esquecem da água que também reflete luz e forma imagens, ou de qualquer outro material polido.

g) Espelhos como refletores perfeitos

Alguns estudantes acreditam que toda luz que incidia num espelho é refletida. Eles esquecem, ou pelo menos deixam de observar, que um espelho fica quente quando exposto ao Sol. Os alunos consideram apenas casos ideais, nos quais não há possibilidade de ocorrer absorção parcial da luz.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS:

É importante lembrar que a forma de abordagem desenvolvida no presente projeto visa à formação cidadã dos alunos e que ela pode ser desenvolvida em qualquer disciplina, e em todos os níveis acadêmicos. A ênfase em CTS faz a discussão sobre os avanços tecnológicos ficarem mais comuns e próximos do aluno, de sua família e meio social. As atividades investigativas e a argumentação na sala de aula ajudam no desenvolvimento crítico do aluno e a busca de soluções para os problemas do dia a dia. É importante salientar também que os quadrinhos já tiveram o objetivo de instruir a sociedade, e por isso, é muito relevante a busca da retomada desse objetivo. Hoje observamos que os quadrinhos estão na moda com o surgimento dos chamados “memes” retratando situações cômicas do nosso cotidiano, porém ainda sem cunho científico ou pedagógico.

As tirinhas podem ser usadas antes, durante ou depois da apresentação da teoria, porém, seria mais interessante para um melhor aproveitamento delas se elas fossem aplicadas antes da teoria. Devemos salientar que as tirinhas não foram avaliadas, e que elas poderiam ser avaliadas através da observação da discussão dos alunos em cima de cada tirinha. Isso pode ser feito gravando os diálogos para posterior análise.

A implementação desse material é o passo seguinte que motiva a continuação desse trabalho. Registrando os diálogos e as respostas dos alunos é possível melhorá-lo. Além disso, serão produzidas novas tirinhas que abordarão outras áreas da Física. Após isso, esse material poderá ser publicado e disponibilizado para uso dos outros professores, pela internet.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, V. O.; CRUZ, C. A.; SOAVE, P. A. *Concepções alternativas em Óptica*. Porto Alegre: Instituto de Física - UFRGS, 2007

ARAGÃO, Octávio. *A óptica sóciopolítica da arte sequencial de Angelo Agostini em algumas páginas de O cabrião (1866-1867) e da Revista Illustrada (1876-1898)*. Rio de Janeiro: Dissertação para programa de Pós-Graduação em Artes Visuais, 2002.

AZEVEDO, M. C. P. S. *Ensino por investigação: Problematizando as atividades em sala de aula*. In: CARVALHO, A.M. P. (Org). *Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática*. -São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.19-33.

BORGES, A. T. *Novos rumos para o laboratório escolar de ciências*. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.19, n.3: p. 291-313, dezembro de 2002.

BRASIL. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*, Lei n 9.394, de 20 de dezembro de 1996.

_____, Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *PCN+ Ensino Médio: Orientações Educacionais complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais. Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação/Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2002. P. 59 – 86.

CABELLO, K. S. A.; DE LA ROCQUE, L.; SOUSA, I. C. F. *Uma história em quadrinhos para ensino e divulgação da hanseníase*. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 9, Nº1, 225-241, 2010.

CAPPECHI, M. C. M.; *Argumentação numa aula de Física*. In: CARVALHO, A.M. P. (Org). *Ensino de Ciências – Unindo a Pesquisa e a Prática*. -São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. p.59-76.

_____, CARVALHO, A.M. P. *Argumentação em uma aula de conhecimento físico com crianças na faixa de oito a dez anos*. Investigações em Ensino de Ciências, Porto Alegre, v. 5, n. 3, 2000.

CARUSO, F.; SILVEIRA, C. *Quadrinhos para a cidadania*. Hist. cienc. saude-Manguinhos [online]. 2009, vol.16, n.1, pp. 217-236.

CARVALHO, A. M. P.; BARROS, M. A.; GONÇALVES, M. E. R.; REY, R. C.; VANUCCHI, A. I. *Ciências no Ensino Fundamental: o conhecimento físico*. São Paulo: Scipione, 1998.

CHASSOT, A. *Alfabetização Científica: Questões e desafios para a educação*. Rio Grande do Sul: UNIJUI, 2000.

COPELLI, A. C. et. al. *GREFF: Grupo de reelaboração do ensino de física*. São Paulo: IF/USP, 1998.

EISNER, W. *Narrativas Gráficas: princípios e práticas da lenda dos quadrinhos*. (tradução: Leandro Luigi Del Manto) – 2ed – São Paulo: Devir São Paulo: Martins Fontes, 1999a.

_____, *Quadrinhos e arte seqüencial* (tradução: Luís Carlos Borges) – 3ºed – São Paulo: Martins Fontes, 1999b.

FEYNMAN R.P., LEIGHTON R., SANDS M. *Feynman Lições de Física*, v.1, Porto Alegre: Bookman, 2008.

HEWITT, P. G. *Física conceitual*. Porto Alegre: Bookman, 2000.

JIMENEZ-ALEIXANDRE, M. P. *10 Ideas Claves: Competencias en argumentación y uso de pruebas*. Espanha. Editorial Graó. 2010.

_____, *A argumentação sobre questões sócio-científicas: processos de construção e justificação do conhecimento na aula, trabalho apresentado no V Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências – ENPEC*, Bauru, 2005.

_____, Díaz de Bustamante, J. *Discurso de aula y argumentación em La clase de ciencias: cuestiones teóricas y metodológicas*. Enseñanza de las ciencias, 21 (3), p. 359-370, 2003.

KEOGH, B., NAYLOR, S. e WILSON, C. *Concepts cartoons: a new perspective on physics education*. Physics Education, 33, 4, 1998, 219-224.

MCCLOUD, Scott. *Desvendando os Quadrinhos* – 2º edição – São Paulo: Makron Books, 2005.

_____, *Desenhando Quadrinhos: Os segredos das narrativas de quadrinhos, mangás e graphic novels* – São Paulo: Makron Books, 2008.

NUSSENZVEIG, H. M. *Curso de Física Básica – 4 Ótica, Relatividade e Física Ondulatória*, 4a edição. São Paulo: Edgar Blücher, 2008.

PESSOA, Alberto. *Quadrinhos na educação: Uma proposta didática na educação básica*. Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Artes Visuais da Universidade Estadual Paulista. São Paulo, 2006.

RAMALHO J, F.; NICOLAU, G. F.; TOLEDO, P. A. *Os Fundamentos da Física: Termologia, Óptica e Ondas*. São Paulo: Moderna, 1999, v. 2, ed. 7.

SANTOS, W. L. P.; MORTIMER, E. F. dos. *Uma análise de pressupostos teóricos da abordagem C-T-S (Ciência – Tecnologia – Sociedade) no contexto*

da educação brasileira. ENSAIO - Pesquisa em Educação em Ciências, v. 2, n. 2, dez. 2002, p. 1 – 23.

SASSERON, L. H.; CARVALHO, A. M. P. *Construindo argumentação na sala de aula: a presença do ciclo argumentativo, os indicadores de alfabetização científica e o padrão de Toulmin*. Ciência & Educação, v. 17, n. 1, 2011, p. 97-114.

WALKER, J. *O circo voador da Física*. Rio de Janeiro: LTC, 2008.

WEISZFLOG, W. *Michaelis: Moderno dicionário da língua portuguesa*. São Paulo: Melhoramentos; 1998. 1260 p.

VERGUEIRO, W. *Como usar as histórias em quadrinhos na sala de aula*. São Paulo: Contexto, 2004, p. 7 – 64.

VILLAS BÔAS, N.; DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J. *Tópicos de Física 2: Termologia, Ondulatória e Óptica*. 16º ed – São Paulo: Saraiva, 2001.

VYGOTSKI, L.S. *Pensamento e Linguagem*. São Paulo: Martins Fontes, 1996.